030.82
N84
no. 47

Н. К. З.
НОСОВСКАЯ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ
ИМЕНИ ПЯТИЛЕТИЯ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

ОТДЕЛ АГРОХИМИЧЕСКИЙ

ВЫПУСК 47

# ПОЧВЕННЫЙ ПОГЛОЩАЮЩИЙ КОМПЛЕКС

## И ПОЧВЕННЫЕ ПОГЛОЩЕННЫЕ КАТИОНЫ, КАК ОСНОВА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПОЧВЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Проф. К. К. ГЕДРОЙЦ

2-ое дополненное и исправленное издание

THE LIBRARY OF THE
SEP 23 1927
UNIVERSITY OF ILLINOIS

# DER ADSORBIERENDE BODENKOMPLEX

## UND DIE ADSORBIERTEN BODENKATIONEN ALS GRUNDLAGE DER GENETISCHEN BODENKLASSIFIKATION

Prof. K. K. GEDROIZ

Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage

ИЗДАНИЕ НОСОВСКОЙ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕН. ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ
1927

University of Illinois
Library at Urbana-
Champaign
Oak Street

# ИЗДАНИЯ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ.

## I. По опытному полю.

Вып. 1. Рекогносцировочно-уравнительный посев в 1912, 1913 и 1914 г.г. Е. К. Алексеев. Издания разошлись.
Вып. 2. Проект программы опытного поля. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 3. Способы посева проса и сорта проса Результаты опытов за 1912, 1913, 1914 и 1915 г.г. Е. К. Алексеев. Издание разошлось.
Вып. 4. Краткое сообщение о результатах полевых опытов за 1912, 1913, 1914 и 1915 г.г. С. П. Кулжинский и Е. А. Алексеев. Издание разошлось.
Вып. 5. Кукуруза и поле по данным опытов за 1914, 1915, 1916 и 1917 г.г. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 6. Кормовая морковь по данным 1914, 1915, 1916 и 1917 г.г. С. П. Кулжинский. 3-е издание разошлось.
Вып. 7. Клевер в толоке по данным 1914, 1915, 1916 и 1917 г.г. С. П. Кулжинский. 2-е издание разошлось.
Вып. 8. Клевер и искусственные удобрения по данным за 1914, 1915, 1916 и 1917 г.г. С. П. Кулжинский. 2-е издание разошлось.
Вып. 9. Как можно повысить у нас урожай овса по данным за 1914, 1915, 1917 г.г. С. П. Кулжинский. 2-е издание разошлось.
Вып. 10. Проект дополнительной программы опытного поля. С. П. Кулжинский.
Вып. 12. Посевы яровой вики—на сено и на зерно. Результаты опытов за 19 2 г. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 13. Как можно без навоза получать высокие урожая ярового. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 14. Как после ячменя, убранного на зерно, получить в то же лето хороший урожай травы, сена. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 15. Как с выгодой засевать толоку. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 16. Эспарцет. И. Д. Рогоза. Издание разошлось.
Вып. 17. Некоторые отличительные черты полеводства Северной окраины черноземов Черниговщины. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 18. Краткие выводы опытного поля. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 20. Засуха на Черниговщине и возможные меры борьбы с ней. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 26. Влияние присутствия в севообороте клевера и других бобовых на урожайность севооборота и на использование последующими культурами фосфатов. С. П. Кулжинский.
Вып. 27. Значение в севообороте клевера и фосфатов. С. П. Кулжинский. Популярные листки.
Вып. 61. О посеве яровой вики и толоке. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 62. Об удобрении толоки томасшлаком и суперфосфатом. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 63. Люцерна на Черниговщине. С. П. Кулжинский.
Вып. 64. Пашите толоку под озимь пораньше. И. Д. Рогоза.
Вып. 65. Лущите озимую стерню. И. Д. Рогоза.
Вып. 66. Плакат о засухе. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 67. Берегите сад—лист. Л. К. Зыбин.
Вып. 68. Зола—бесплатное удобрение. М. И. Полякова.
Вып. 69. Кукуруза. М. И. Поля.
Вып. 37. Севообороты с сахарной свеклой. И. Д. Рогоза.
Вып. 39. Как быстро размножить новые сорта картофеля. С. П. Кулжинский.
Вып. 46. Сводный отчет по опытам за 1911 — 25 г. с вкладными листами в красках. С. П. Кулжинский, И. Д. Рогоза и М. И. Полякова (подгот. к печати).

### Отдельные выпуски цифровых данных из сводного отчета по опытам.

Вып. 47. Клевер в севообороте. С. П. Кулжинский (подгот. к печати).
Вып. 48. Эспарцет в севообороте. И. Д. Рогоза (подгот. к печати).
Вып. 49. Пожнивные и подсевные культуры. С. П. Кулжинский (подгот. к печати).
Вып. 50. Обработка почвы. И. Д. Рогоза (подгот. к печати).
Вып. 51. Удобрение. С. П. Кулжинский (подгот. к печати).
Вып. 52. Беспарье. С. П. Кулжинский (подгот. к печати).
Вып. 53. Картофель. М. И. Полякова (подгот. к печати).
Вып. 54. Предшественники. С. П. Кулжинский (подгот. к печати).
Вып. 55. Сахарная свекла. И. Д. Рогоза (подгот. к печати).
Вып. 56. Сорта. М. И. Полякова (подгот. к печати).

Н. К. З.
НОСОВСКАЯ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ
ИМЕНИ ПЯТИЛЕТИЯ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

ОТДЕЛ АГРОХИМИЧЕСКИЙ

ВЫПУСК 47

28/80.

# ПОЧВЕННЫЙ ПОГЛОЩАЮЩИЙ КОМПЛЕКС

## И ПОЧВЕННЫЕ ПОГЛОЩЕННЫЕ КАТИОНЫ, КАК ОСНОВА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПОЧВЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Проф. К. К. ГЕДРОЙЦ

2-ое дополненное и исправленное издание

THE LIBRARY OF THE
SEP 23 1927
UNIVERSITY OF ILLINOIS

# DER ADSORBIRENDE BODENKOMPLEX

## UND DIE ADSORBIERTEN BODENKATIONEN ALS GRUNDLAGE DER GENETISCHEN BODENKLASSIFIKATION

Prof. K. K. GEDROIZ

Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage

ИЗДАНИЕ НОСОВСКОЙ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕН. ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ
1927

Ленинградский Гублит № 40.297. Тираж 2000 экз. Зак. № 1045. 7 л.

Тип. „Коминтерн“, Центр. Издат. Народов СССР. Ленинград, Красная ул. д. 1.

# ПРЕДИСЛОВИЕ

## КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.

Первое издание этой брошюры разошлось целиком. Оно печаталось в то время, когда издание научных работ у нас было крайне затруднено; задуманное мною опубликование моих мыслей о связи между типом почвообразования и поглощающим комплексом почвы и его поглощенными катионами долго не могло быть осуществлено, и, если первое издание все таки появилось в 1925 г., то только благодаря Совету Носовской Опытной Станции, который заинтересовавшись этим вопросом, после моего доклада зимой 1923 г. общему собранию научных работников Станции, постановил издать эту работу за счет Станции.

Но, в виду условий того времени, необходимо было напечатать эту работу в возможно сокращенном объеме, с возможно малым количеством цифрового материала.

В настоящее время, благодаря опять-таки Носовской Опытной Станции, я имею возможность значительно расширить рамки этой работы, во-первых, включив в нее новую главу о почвенном поглощающем комплексе вообще, с обильным цифровым материалом, в которой я излагаю свои мысли и данные по этому вопросу и привожу главнейшую литературу его, возникшую или дошедшую до нас уже после того, как первое издание „Почвенного поглощающего комплекса...“ было мною написано.

Вторая глава настоящей брошюры „Почвенные поглощенные катионы и типы почвообразования“ заключает тот материал, который составлял содержание 1-го издания; сюда внесены лишь небольшие изменения, дополнения и поправки, а также аналитический материал, касающийся поглощенных катионов некоторых русских и американских почв; приводимые американские данные представляют для нас тот интерес, что полностью подтверждают нашу теорию генезиса солонцов и связь степени солонцеватости с количеством поглощенного натрия в почве.

Пользуюсь случаем, чтобы принести свою искреннюю и глубокую благодарность Носовской Опытной Станции в лице ее директора С. П. Кулжинского и Совета Станции за ту отзывчивость, которую я всегда встречал со стороны Станции в отношении моих научных исследований последнего времени.

*Автор.*

Декабрь, 1926 г.

23 S 27 dis M 5.38 1927 cent

# ВВЕДЕНИЕ.

Целый ряд попыток изменений почвенной классификации Докучаева-Сибирцева ясно показывает, что классификация эта не вполне удовлетворяет современных почвоведов, что в ней имеется что то, не отвечающее современному состоянию науки. Ближе всех к этому вопросу подошел покойный Петр Самсонович Коссович; он указал на причину этой неудовлетворительности и сделал попытку устранить эту причину. Он совершенно правильно отметил, что классификационными признаками в почвенной классификации должны являться, как это имеет место в классификациях других естественных наук, внутренние свойства и особенности почвы, а не те внешние факторы почвообразования, которым признаки эти обязаны. Попытка его устранить этот пробел оказалась, однако, не вполне удачной. Теперь совершенно определенно можно сказать, что эта попытка была преждевременной. Когда Петр Самсонович вынашивал, если так можно выразиться, свои классификационные идеи, в то время наиболее злободневным был вопрос о почвенном растворе; громадная роль его в жизни почвы и в почвообразовательных процессах несомненна, но, прежде всего, он и до сих пор даже приблизительно не изучен, и быть может и до настоящего времени нет еще в почвоведении для этого достаточных предпосылок, не все еще сделано в изучении других явлений, чтобы можно было сказать, что вот теперь можно приступать к планомерному познаванию почвенного раствора; мне, принимавшему в то время близкое участие в разработке вопроса о почвенном растворе, стало скоро уже в самом ходе работ ясно, что без предварительного и всестороннего изучения явлений поглощения нечего думать разгадать загадку почвенного раствора; не утверждаю, конечно, обратного: может быть и этого последнего будет еще недостаточно; дальнейшее действительно оправдало мои предположения: с тех пор прошло около 10 лет; в изучении почвенного раствора приняли участие англичане и большое число научных сил Америки, но вопрос почти не подвинулся. Совершенно ясно, что построить почвенную классификацию на свойствах неизученного явления нельзя. Вследствие этой неизученности почвенного раствора Петром Самсоновичем была допущена ошибка в установлении двух основных типов почвообразования — щелочного и кислотного выветривания, тогда как почвенный раствор, как правило, вследствие содержания углекислоты и обычного содержания карбонатов в виде двууглекислых, — кисел; и только

в сильно солонцеватых почвах, да и то лишь в известные периоды года, он действительно щелочен. Может быть, когда почвенный раствор будет подробно изучен, тогда и можно будет его свойства принять за основной принцип классификации; хотя я в этом сильно сомневаюсь; несомненно, что почвенный раствор—одна из существеннейших частей почвенной системы, что он оказывает большое влияние на твердую фазу почвы, но вместе с тем, будучи одной из наиболее подвижных частей почвы и характеризуя потому состояние этой системы в каждый данный момент, он очень мало может дать нам указаний относительно прошлого этой системы, а поэтому он не может быть подходящим основанием для установления, именно, генетической классификации. Далее в основу классификации нельзя класть вторичные, производные свойства почвы; таковые признаки могут послужить для дальнейших более дробных подразделений. Почвенный же раствор несомненно представляет производное твердой фазы почвы. Поясню свою мысль примером.

Концентрация водородного иона почвенного раствора играет громадную роль в почвенных процессах; величина этой концентрации отражается на всех химических, физических, физикохимических и биологических почвенных процессах. Но, не смотря на такую ее роль, ставить ее в основу классификации совершенно невозможно, так как она есть производная другого почвенного признака—состава поглощенных катионов почвы; в зависимости от того, каков этот состав, почвенный раствор будет обладать в известных границах той или иной величиной pH; величина этой концентрации до известной степени предрешена в почве составом ее поглощенных катионов. Так, раз почва содержит поглощенный водород, раз она ненасыщена основаниями, pH почвенного раствора будет непременно меньше 7 и тем меньше, чем больше степень ненасыщенности. Но будучи уже в известной степени предрешенной, величина эта может колебаться в некоторых пределах в зависимости от других свойств почвы; напр., в зависимости от количества мертвого отпада, его состава и скорости разложения; в зависимости от качественного и количественного состава солей в почвенном растворе. В почвах, содержащих поглощенный натрий, величина pH будет всегда больше 7 и тем больше, чем больше в почве этого натрия; но и здесь, в зависимости от других условий, она, при одном и том же содержании поглощенного натрия, может отклоняться то вверх, то вниз, напр., в зависимости от того, содержит ли почва углекислый кальций или нет; насколько почва богата органическими веществами и какова скорость их разложения; вообще можно сказать, что величина pH может колебаться в известных пределах при одном и том же составе поглощенных катионов в почве в зависимости от буфферности почвы, если этому понятию придавать самый широкий об'ем. И вот в этом отношении pH почвенного раствора может сыграть известную роль при дробных классификационных подразделениях. В основу же

классификации в отношении реакции почвы надо поставить состав поглощенных катионов, а не производную от них величину pH.

Таким основанием, представляющим из себя существеннейшую часть почвы, теснейшим образом связанную и с остальной частью твердой фазы почвы и с почвенным раствором, и вместе с тем в большей мере, нежели какая либо другая часть почвы, дающим указания на прошлое почвы (и до известной степени на ее будущее), является, по моему мнению, то, что я назвал почвенным поглощающим комплексом (или суммой „цеолитной“ и „гуматной“ частей почвы).

ГЛАВА I.

## Почвенный поглощающий комплекс.

Под именем почвенного поглощающего комплекса (или суммы „цеолитной“ и „гуматной“ частей почвы) я понимаю ту часть почвы, которую можно охарактеризовать таким образом:

1) с химической стороны поглощающий комплекс состоит из нерастворимых в воде солеобразных алюмосиликатных[1]) (минеральная часть поглощающего комплекса, или „цеолитная“ часть почвы) и органических и органо-минеральных (органическая часть поглощающего комплекса или „гуматная“ часть почвы) соединений;

2) с физической стороны это совокупность тех почвенных соединений, которые находятся в почве в мелкораздробленном состоянии; эта высокодисперсная твердая часть почвы, ультрамеханическая часть ее, по всей вероятности, близко совпадает с коллоидальной частью почвы; но возможно, что некоторое участие в характерных реакциях этого комплекса принимают и частицы соседние по величине, более крупные, нежели коллоидальные, а именно, фракция с диаметром частиц между 0,001 мм. и 0,00025 мм. В почвах обычно эти коллоидальные частицы поглощающего комплекса (первичные частички комплекса) находятся не в свободном, раздельном состоянии, а в виде аггрегатов их большей или меньшей величины (вторичные частички комплекса), а также в виде аггрегатов с частичками более крупных механических фракций почвы, являясь в этом случае цементом, склеивающим эти более крупные частицы; кроме того эти первичные, а также более мелкие вторичные частички поглощающего комплекса могут с большей или меньшей прочностью прилипать к поверхности почвенных частиц крупных фракций.

В совокупности вышеуказанные два свойства поглощающего почвенного комплекса сообщают ему те особенности, которыми он отличается от всей остальной части почвы и благодаря которым ему приходится отводить особое место. Благодаря второму из указанных свойств, а именно, высокой степени дисперности своих частичек, поглощающий комплекс обладает высокой реакционной способностью; несмотря на то, что это твердое, в воде почти вовсе нерастворимое тело, погло-

---

[1]) Сюда будут входить соли кремневых, соли комплексных алюмо-ферри- и алюмо-ферри-кремневых кислот, а также соответствующие свободные кислоты.

щающий комплекс очень энергично реагирует в водной среде и с твердыми коллоидально растворенными частицами и особенно с электролитами, растворы которых приходят в соприкосновение с ним.

В отношении этой реакционной способности поглощающий почвенный комплекс приближается уже к веществам, дающим в водной среде молекулярные и ионные растворы, т. е. к воднорастворимым соединениям почвы, и стоит тем ближе к ним, чем выше степень его дисперсности.

Другое из основных свойств почвенного поглощающего комплекса—солеобразный характер составляющих его соединений—предрешает общий характер преобладающей реакции его с электролитами, находящимися в почвенном растворе; это будет реакция взаимного обмена катионами между этими электролитами и молекулами, расположенными на поверхности твердых частиц поглощающего комплекса, т. е. обменная реакция, обусловливаемая физико-химической поглотительной способностью почвы. Конечно, между частицами поглощающего комплекса и веществами, находящимися в почвенном растворе, возможны и другие реакции; на одну из них мы уже указывали. Это взаимная коагуляция коллоидальных частиц поглощающего комплекса с циркулирующими, напр., в почве высокодисперсными коллоидальными растворами органических веществ, кремнекислоты, гидроокисей железа и алюминия. Далее, присутствие в почве коллоидально раздробленных частиц может обусловливать положительную или отрицательную адсорбцию растворенных в почвенном растворе соединений, вызывая между прочим усиленный гидролиз электролитов раствора, состоящих из неодинаково сильных ионов. Возможны и наверное протекают и другие реакции как упрощения, так и усложнения; и в некоторых случаях эти реакции могут иметь существенное значение в жизни почвы; но, отвлекаясь от частностей и исключений, нужно, повидимому, признать, что обменная реакция вообще занимает первое место; она в количественном и качественном отношении будет для поглощающего комплекса почвы и почвенного раствора реакцией первого порядка; прочие же реакции будут занимать, вообще говоря, места второго, третьего и т. д. порядка. Но наряду с высокой реакционной способностью почвенного поглощающего комплекса, приближающей в этом отношении его и особенно ту его часть, которая обладает наибольшей степенью дисперсности, к водно-растворенным соединениям, этот комплекс нерастворим в воде и благодаря этому, а также нерастворимости продуктов распада его анионной части („коллоидальной“ их растворимости), как сам этот комплекс, так и эти продукты распада способны в той или иной степени сохраняться в почве в месте их образования или скопляться на той или иной глубине: даже и в том случае, когда продукты эти вымываются вон из почвенной толщи, например, в грунтовые воды, даже и тогда очень часто мы имеем след этого в том поглощающем комплексе, из которого они вынесены; очень часто в тех случаях

когда мы не можем обнаружить этого следа, происходит это лишь вследствие мало разработанной еще методики исследования поглощающего комплекса.

Целый ряд вопросов связан с поглощающим комплексом почвы. Мы на них сейчас и остановимся.

## 1. Происхождение почвенного коллоидального комплекса.

Рассмотрим прежде всего состояние вопроса о происхождении коллоидальной части почвы.

Отметим прежде всего, что и материнские породы, если они содержат коллоидально раздробленную часть, содержат и поглощающий комплекс; поэтому вопрос о происхождении алюмосиликатной части поглощающего комплекса до известной степени общ и в отношении почвы и в отношении материнской породы. В почвах кроме того возникает вопрос о происхождении органической части поглощающего комплекса, которая, повидимому, играет весьма существенную роль в общем поглощающем комплексе почвы, и о влиянии органической части почвы на образование минерального поглощающего комплекса почвы. В самой общей форме ответ на поставленный вопрос может быть формулирован так: почвенный поглощающий комплекс есть результат механического, химического и биологического выветривания материнской породы и почвы. Органическая часть поглощающего комплекса почвы, как и вся органическая часть почвы, есть образование чисто почвенное: обменной способностью обладают и некоторые первоначальные органические соединения мертвого отпада растительности и некоторые продукты распада вещества растительных остатков; эта часть поглощающего комплекса обладает в почве наибольшей подвижностью, в почве она сравнительно быстро изменяется в качественном отношении, разрушается и вновь созидается; в составе ее в каждой почве можно найти соединения различной степени устойчивости; различные почвы в зависимости от условий их образования и современных условий их жизни должны различаться между собой не только величиной их органического поглощающего комплекса и составом соединений, входящих в него, но и соотношением между количествами соединений разной степени устойчивости; последнее же находится в теснейшей зависимости в первую очередь от количества в почве не гумифицированных и не вполне гумифицированных органических остатков. Степень устойчивости соединений органического поглощающего комплекса почвы представляет весьма существенный классификационный признак.

Малая изученность почвенных органических веществ не позволяет пока ближе подойти к вопросам, связанным с происхождением гуматной части поглощающего комплекса.

Что касается происхождения алюмосиликатной части поглощающего комплекса, то здесь сразу же возникает вопрос о том, какой стадии

разрушения должны достичь алюмосиликатные соединения материнской породы, чтобы в результате его получились соединения, обладающие резко выраженной поглотительной способностью и находящиеся в коллоидальном раздроблении. По этому вопросу существуют две главные точки зрения.

Одна точка зрения, представителем которой можно считать H. Stremme [1]), который, кажется, первый развил ее, заключается в том, что, во первых, минеральный почвенный поглощающий комплекс возникает в результате полного распада алюмосиликатов почвы на составляющие его окислы и что, во-вторых, образующиеся при этом распаде коллоидально растворенные гидраты окисей кремния, железа и алюминия не образуют между собою и с основаниями каких либо определенных химических соединений; таким образом по этому воззрению весь алюмосиликатный поглощающий комплекс есть новообразование, прошедшее через стадию коллоидальных растворов $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ и представляющее собою механическую смесь $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ с адсорбированными ею основаниями. Эту теорию, как нам уже приходилось высказываться, мы считаем, с одной стороны, противоречащей фактам. Мы указывали, именно, что если бы в почвах мы имели дело с механической смесью означенных гидроокисей, то должно было бы быть совершенно иное отношение почвы к щелочам; едкие щелочи и щелочные карбонаты в этом случае должны были бы извлекать из первоначальной почвы очень много и алюминия и кремнекислоты, чего однако на самом деле, как общего правила, нет; бывают такие почвы, (а именно солади, см. мою ст. „Осолодение почв"), но далеко не все: из первоначальных почв, насыщенных основаниями, щелочи вообще извлекают очень мало и кремнекислоты и алюминия, независимо от величины их поглощающего комплекса; из почв же, ненасыщенных основаниями, и того и другого, а особенно алюминия, извлекается заметно больше. К подобному же заключению приводит недавно опубликованное исследование R. Bradfield'a [2]) над действием соляной кислоты и едкого натра в различных концентрациях на коллоидальную глину, выделенную из подпочвы, и на синтетически приготовленную смесь тщательно очищенных коллоидальных растворов гидроокисей алюминия и железа и коллоидальной кремнекислоты; количественный состав в обоих случаях был один и тот же. Вот данные этого исследования (см. табл. на стр. 12).

Приведенные данные показывают резкое различие в действии исследовавшихся растворителей на естественную коллоидальную часть почвы и на коллоидальную смесь того же состава.

---

[1]) См. мою статью „Материалы к познанию поглотительной способности почв". Ж. Оп. Агр. 1918 г., Т. XIX, стр. 269.

[2]) *R. Bradfield.* The Chemical Nature of Colloidal Clay, Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy. Vol. 17, 1925, № 5, стр. 256.

*Действие соляной кислоты и едкого натра на коллоидальную глину (I) и на синтетическую коллоидальную смесь (II).*

| Растворитель. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| 1) Валовой состав | | | |
| I | 59,1 | 31,9 | 9,1 |
| II | 59,1 | 31,9 | 9,1 |
| 2) Конц. HCl | | | |
| I | 0,2 | 31,6 | 9,1 |
| II | все в истин. или колл. растворе | | |
| 3) 5% HCl | | | |
| I | 7,3 | 15,7 | 3,8 |
| II | нет осадка | | |
| 4) 0,13 н. HCl | | | |
| I | 7,7 | 5,8 | 1,6 |
| II | $Fe_2O_3$ и $Al_2O_3$, повидимому, в истин. растворе. $SiO_2$ вероятно в значительной части в коллоидальном растворении. | | |
| 5) 0,13 н. NaOH | | | |
| I | 9,0 | 5,7 | — |
| II | более устойчивый красный золь. | | |
| 6) 1% н. NaOH | | | |
| I | 13,3 | 7.6 | — |
| II | 33,6 | 21,3 | — |

Такие возражения можно сделать против допущения, что вновь возникающий алюмосиликатный поглощающий комплекс есть простая механическая смесь гелей кремнекислоты, окиси железа и алюминия.

С другой стороны, нельзя согласиться и с тем, что поглощающий комплекс образуется лишь из продуктов полного распада алюмосиликатного ядра; у нас нет никаких оснований отрицать вероятности образования частиц коллоидальных размеров при выветривании алюмосиликатов, именно, из остатков выветривания: тот или другой минерал, подвергаясь с поверхности совокупному действию различных видов выветривания, может давать, с одной стороны, отщепляющиеся от его поверхности простые гидраты окисей кремния, алюминия и железа, а, с другой стороны, также отщепляющиеся мелкие частички более сложных соединений; нет никаких оснований предполагать, что распад идет обязательно до конца, или что одни продукты распада (наиболее простые) отделяются, а другие более сложные отделиться

от первоначального зерна не могут. Нужно заметить, что теория Stremme возникла еще в то время, когда современный принцип коллоидальной химий: „коллоидальность есть известная степень дисперсности вещества", только завоевывал свое положение в науке; а до его утверждения, действительно, могло казаться странным и даже невозможным образование коллоидального минерала, вследствие простого отщепления, или распада остатка выветривания на мелкие частички.

Другая точка зрения, на которой стоит и автор настоящей работы и которую он проводил во всех своих более ранних работах, касающихся рассматриваемого вопроса, это та, что возникновение коллоидальной минеральной части в горных породах и в почве происходит под влиянием совокупного действия атмосферных и биологических агентов на составляющие породу и почву минералы, что это действие в конце концов может быть сведено на действие циркулирующих вод того или другого состава и что в результате этого действия могут, с одной стороны, возникать простые минеральные соединения в коллоидальном раздроблении, а с другой стороны, наряду с ними и коллоидально раздробленные остатки выветривания; при чем последние должны обладать, повидимому, меньшей степенью дисперности, чем конечные продукты распада, т.-е. $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$, благодаря чему они и остаются на месте или поблизости от места их возникновения, а не передвигаются с такой же легкостью, как коллоидальные гидраты окисей кремния, железа и алюминия. Вместе с возникновением в горной породе и почве минерального поглощающего комплекса, как результата упрощения и раздробления составляющих их минералов, может итти и синтез его из отдельных коллоидальных гидратов окисей кремния, алюминия и железа вследствие их взаимной коагуляции, при чем возникающие новообразования нельзя рассматривать как простую смесь гелей, так как и тут, как и при других коллоидальных реакциях, мы имеем по существу химическую реакцию, но так как она совершается лишь между молекулами, расположенными на поверхности коллоидальных частиц и при том лишь в местах соприкосновения частиц, то здесь не будет стехиометрических соотношений в общей массе частиц и сама связь будет более рыхлой, менее прочной, чем в случае реакций между молекулами и ионами.

Мы думаем, таким образом, что в горной породе и в почве возникновение коллоидально раздробленных соединений может итти двумя известными в коллоидальной химии путями: дисперсионным и конденсационным. При каолинизации, напр., полевого шпата от молекул его, расположенных на поверхности кристалла после замены металла на водород, идет отщепление $SiO_2$; эта кремнекислота получается, конечно, при этом в истинном растворе, но так как растворимость ее совершенно ничтожна, то происходит конденсация молекул ее с образованием коллоидально раздробленного вещества.

Имеем таким образом самый простой случай конденсационного способа возникновения коллоидально раздробленного вещества в почве.

С другой стороны, существовавшая связь между молекулами полевого шпата на поверхности его минерала, вследствие отщепления от них того или другого количества кремнекислоты, нарушается, ослабевается, и аггрегаты таких молекул той или другой сложности будут действием воды отделяться с поверхности кристалла; будем получать каолин в той или другой степени раздробленности; в этом случае будем иметь дисперсионный способ получения в почве коллоидально распыленного вещества.

Когда в природе идет распад сложных силикатов с отщеплением от их молекул не только кремнекислоты, но и полуторных окислов (гидрата окиси алюминия, или гидрата окиси железа, или того и другого вместе), то здесь возможно и такое явление: когда эти простые соединения находятся еще в состоянии истинного раствора, они могут вступать между собою в химические соединения, образуя ферри-алюмосиликаты, которые затем, опять таки вследствие их ничтожной растворимости, будут выпадать в коллоидальном раздроблении. Получающиеся таким путем коллоидально раздробленные алюмосиликаты будут отличаться от таковых, возникших путем взаимной коагуляции $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ из коллоидальных уже растворов этих соединений; соединение этих окислов в рассматриваемом случае будет происходить в стехиометрических отношениях, и связь между этими окислами будет значительно прочнее.

## 2. Состав почвенного поглощающего комплекса.

Следующим вопросом в отношении почвенного поглощающего комплекса можно поставить вопрос о составе его органической и минеральной части.

а) Органическая часть поглощающего комплекса.

Сказать что либо о составе органической части в настоящее время нет возможности. Несомненно одно, что она, подобно общему гумусу почвы, содержит много разнообразных соединений. Каковы эти соединения, мы не знаем, и в нашем распоряжении еще не имеется и подходящих методов для разрешения этого вопроса. Мы не знаем еще и элементарного состава всей этой части целиком и потому не можем судить, насколько этот состав одинаков, или неодинаков у различных почв, хотя к разрешению этого вопроса уже можно подойти, так как выделить из почвы всю гуматную часть мы имеем возможность, напр., предложенным нами методом (насыщение почвы натрием и дальнейшим промыванием ее водой до бесцветного фильтрата); правда, метод этот очень кропотлив, требует много времени и для массовых исследований поэтому неприменим.

b) Минеральная часть поглощающего комплекса.

Несколько иначе обстоит теперь дело с алюмосиликатной частью почвенного поглощающего комплекса. В первом издании настоящей статьи я не мог еще привести каких либо данных в этом отношении; их еще не было; теперь же мы имеем несколько исследований, выясняющих состав этого комплекса. Раньше, чем перейти к их рассмотрению, остановлюсь на этом вопросе вообще.

Здесь нас может интересовать так же, как и в отношении гуматной части почвы, с одной стороны, из каких соединений состоит алюмосиликатный поглощающий комплекс, а с другой стороны,—каков элементарный состав в данной почве ее минерального поглощающего комплекса, рассматриваемого как одно целое. В отношении состава соединений, составляющих алюмосиликатный поглощающий комплекс, положение такое же, как и в отношении его органической части: методов непосредственного его изучения у нас нет. Как в том, так и другом случае можно пока лишь рекомендовать фракционное изучение, которое даст возможность при накоплении достаточного материала, хотя бы подойти к вопросу о соединениях, составляющих поглощающий почвенный комплекс; так как, с одной стороны, несомненно, что валовой состав различных механических фракций этого комплекса (ультрамеханических фракций почвы) различен, и изучение его представляет еще больший интерес, нежели изучение валового состава более крупных фракций; а с другой стороны, чем уже будут пределы размеров диаметра частиц каждой ультрафракции, тем однообразнее должен быть состав соединений, составляющих эту фракцию.

Значительно проще вопрос с определением элементарного состава всего поглощающего комплекса почвы: здесь надо только выделить этот комплекс; и мы в настоящее время имеем уже ряд анализов, дающих представление об элементарном составе поглощающего почвенного комплекса, на которых мы ниже остановимся. Теперь же укажем на те условия, какие, по нашему мнению, должны быть соблюдены при этом исследовании. Раз вопрос идет об элементарном составе почвенного поглощающего комплекса, то, очевидно, прежде всего из почвы должен быть выделен действительно весь этот комплекс целиком и подвергнут исследованию, так как нет никаких оснований предполагать, что оставшаяся в почве его часть будет того же состава, что выделенная. Поэтому здесь прежде всего надо условно остановиться на некоторой величине частицы, на основании которой производить уже отделение этого комплекса от остальной части почвы. Само собой разумеется, что вполне определенной границы здесь нет и не может быть: обменная способность механических фракций, уловимо появляясь, примерно, начиная с частиц диаметром около 0,01 мм., растет далее очень постепенно; роль частиц с диаметром от 0,01 мм. до 0,001 мм. даже только в явлениях обмена несомненно ничтожна; поэтому раз-

меры 0,01 мм., конечно, нельзя принимать за границу между поглощающим комплексом и остальной частью почвы. Вопрос может быть лишь о том, не принять ли диаметр 0,001 мм. за эту границу, т. е. не отождествлять ли поглощающий почвенный комплекс с илистой фракцией почвы. Однако, несмотря на все преимущества этого в техническом отношении (сравнительная быстрота выделения), я думаю, что эту границу можно принять лишь, как первое приближение в вопросах изучения состава и свойств поглощающего комплекса. Нам, почвоведам, нет никаких оснований изменять принятый в коллоидальной химии низший предел коллоидального раздробления, а именно 0,25 микрона (0,00025 мм.); с этой границей в коллоидальной химии связан целый ряд изменений в существенных свойствах вещества вообще, а значит и почвенных соединений в частности; и покуда не будет определенно доказано, что понижение этой границы до 0,001 мм. не может существенно повлиять на наши представления о сравнительных коллоидальных свойствах почв, до тех пор я не считал бы возможным изменять принятую в коллоидальной химии границу между коллоидальной и неколлоидальной частью почвы [1]).

В подтверждение того, что не безразлично в отношении валового состава поглощающего комплекса, остановимся ли мы на диаметре 0,001 или на 0,00025, как границе коллоидальной и неколлоидальной, приведу (хотя это ясно и теоретически) данные из работы W. O. Robinson'a и R. S. Holmes [2]) по элементарному составу коллоидальной части (I) почвы (все, что мельче 0,0003 мм.) и части илистой фракции с частицами между 0 001 и 0,0003 мм. (II) для подпочвы (8—30 дюйм.) суглинистой почвы:

| | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | Потеря от прокаливания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I . . . . . | 40.34 | 0,59 | 28,00 | 14,18 | 0,63 | 1,36 | 12,95 |
| II . . . . . | 45,14 | 0,68 | 29,81 | 9,05 | 0,37 | 0,94 | 9,71 |

Как видно, для большинства элементов состав этих двух фракций резко различен; особенно приходится здесь подчеркнуть то, что даже из анализа одной лишь почвы видно, что изменение в содержании различных элементов при переходе от одной фракции к другой происходит неравномерно; поэтому теряется и масштаб при сравнении.

В какой мере неполное выделение коллоидальной части почвы может отразиться на элементарном составе этой части, можно судить

---

[1]) К имеющимся в литературе данным, показывающим значительную обменную способность у неколлоидальных почвенных фракций, надо относиться с большой осторожностью; во всех этих исследованиях неколлоидальные фракции выделялись из почв такими способами, при которых совершенно несомненно попадали в эти фракции и коллоидальные частички, как в виде аггрегатов их, так и прочно приставшие к поверхности более крупных частиц.

[2]) *W. O. Robinson and R. S. Holmes.* The Chemical Composition of Soil Colloids. Bull. № 1311, 1924, U. S. Depr. of Agric., стр. 19.

по следующим данным. Мы прежде всего приведем здесь результаты исследования этого вопроса, полученные Robinson'ом и Holmes, из выше цитированной работы. Для этих исследователей вопрос этот имел большое значение, так как тот метод, который они применяли для выделения этой части почвы (выделение части почвенной суспензии, содержащей коллоидальную и более крупную фракцию, методом однократного отстаивания почвы, взболтанной с чистой водой или с водой, содержащей 1 часть аммиака на 3.000 частей воды; и центрифугирование этой суспензии помощью суперцентрифуги, помощью чего отделялась фракция с частицами меньше 0,0003 мм.). При этом методе из почвы заведомо выделялась лишь часть имеющихся в ней в свободном состоянии коллоидальных частиц. Этим методом авторы изучили элементарный состав коллоидальной фракции 45 почвенных образцов, и само собой понятно им важно было знать, насколько их данные могут относиться ко всему почвенному поглощающему комплексу. Поэтому в четырех из исследовавшихся по вышеописанному методу образцах они производили из остатка почвы от первого выделения суспензии дальнейшее выделение отстаиванием с последующим центрифугированием; всего таких последовательных выделений производилось три или четыре (фракция I, II, III и IV); после 3-его или 4-го отстаивания, по авторам, выделялась ими вся суспензия, содержащая коллоидальную часть. Валовой анализ каждой коллоидальной фракции и общей суммы дал следующие результаты (тб. I).

Из этих данных мы видим, что последняя из выделившихся фракций во всех случаях имела заметно иной состав, чем первые фракции, но так как этой фракции во всех четырех почвах было сравнительно очень немного, то средний состав всей выделенной авторами коллоидальной части мало отличался от состава первой фракции. Можно ли этот вывод распространить, во первых, на все почвы вообще, а затем на весь действительно имеющийся в почве коллоидальный комплекс? Я в этом очень сомневаюсь и во всяком случае считаю вопрос этот не разрешенным еще экспериментальными данными и вот почему.

Во первых укажу на то, что данные Robinson'a и Holmes для выше означенных четырех почв относятся заведомо не ко всему коллоидальному комплексу; тот метод, который они применяли, выделяет этот комплекс далеко не полностью; прибавкой аммиака тут можно лишь немного помочь делу; это вполне ясно и самим авторам означенного исследования и вообще сотрудникам Bureau of Soils, много поработавшим над вопросом об определении общего количества коллоидальной части почвы. Одним из сотрудников этого Бюро, W. H. Fry[1]), в 1923 г. был предложен микроскопический метод определения тех коллоидальных частиц почвы, которые остаются в почве (в мелких ее

[1]) *W. H. Fry.* The Microscopic Estimation of Colloids in Soil Separates. Journ. of Agric. Research. Vol XXIV, 1923, стр. 879.

Таблица I.

*Состав последовательно извлекаемых фракций коллоидальной части различных почв, по Robinson'y и Holmes.*

| Почва и фракция | % от всей почвы | В %% от соответст. коллоид. фракции | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | Потеря от прокаливания |
| 1. Суглинок, 0—4 д. | | | | | | | | |
| 1-ая колл. фракция . . | 2.10 | 39.15 | 0.51 | 29.62 | 14.11 | 0.51 | 1.33 | 12.73 |
| 2 „ „ „ . . | 6.06 | 38.84 | 0.56 | 28.98 | 14.77 | 0.67 | 1.39 | 12.97 |
| 3 „ „ „ . . | 2.13 | 45.81 | 0.78 | 23.63 | 12.57 | 0.65 | 1.19 | 12.65 |
| Вся колл. часть . . . | 10.29 | 40.34 | 0.59 | 28.00 | 14.18 | 0.63 | 1.36 | 12.95 |
| 2. Илистый суглинок, 0—4 д. | | | | | | | | |
| 1-ая колл. фракция . . | 0.64 | 45.92 | 0.45 | 22.48 | 8.95 | 1.23 | 1.67 | 17.45 |
| 2 „ „ „ . . | 4.50 | 45.09 | 0.44 | 22.54 | 9.11 | 1.15 | 1.80 | 17.44 |
| 3 „ „ „ . . | 0.97 | 45.98 | — | 23.08 | 8.00 | 1.26 | 1.92 | 17.21 |
| 4 „ „ „ . . | 0.90 | 50.28 | — | 19.61 | 7.38 | 1.21 | 1.60 | — |
| Вся колл. часть . . . | 7.01 | 45.96 | 0.44 | 22.23 | 8.72 | 1.18 | 1.78 | 17.37 |
| 3. Глина, 0—4 д. | | | | | | | | |
| 1-ая колл. фракция . . | 12.10 | 51,34 | 0.51 | 22.61 | 8.79 | 1.41 | 2.88 | 10.93 |
| 2 „ „ „ . . | 11.90 | 49.67 | 0.55 | 22.73 | 9.32 | 1.40 | 2.47 | 12.46 |
| 3 „ „ „ . . | 12.30 | 50.17 | 0.68 | 19.17 | 8.28 | 1.12 | 2.09 | 13.36 |
| 4 „ „ „ . . | 2.20 | 43.58 | 1.00 | 20.37 | 9.81 | 1.17 | 2.00 | 18.66 |
| Вся колл. часть . . . | 38.50 | 50.00 | 0.61 | 21.42 | 8.85 | 1.30 | 2.45 | 12.62 |
| 4. Тяжелый суглинок. | | | | | | | | |
| 1-ая колл. фракция . . | 16.60 | 36.26 | 0.65 | 32.85 | 12.44 | 0.44 | 0.18 | 16.88 |
| 2 „ „ „ . . | 12.20 | 35.45 | 0.99 | 32.86 | 14.37 | 0.42 | 0.24 | 16.21 |
| 3 „ „ „ . . | 1.10 | 35.93 | 0.69 | 29.69 | 11.68 | 0.26 | 0.44 | 18.52 |
| Вся колл. часть . . . | 30.40 | 35.91 | 0.79 | 32.74 | 13.22 | 0.42 | 0.21 | 16.66 |

фракциях) после удаления той части коллоидальной фракции, которая может быть выделена выше описанным методом. Определяя микроскопически количество коллоидальных веществ, оставшихся во фракциях 0,001—0,050 мм. и крупнее 0,050 мм., после выделения коллоидальной части, произведенного сотрудниками того же Бюро [1]), Fry получил следующие данные [2]) (тб. II).

Из табл. II мы видим, что около половины (от 34,5 до 60,2%) коллоидальных частиц, присутствовавших в исследовавшихся в Bureau of Soils почвах, не извлекалось обычными методами механического анализа. Это вполне согласуется и с моими исследованиями [3]). Каков элементарный состав этого остатка и насколько он будет близок к первой выделенной американцами фракции коллоидов, мы не знаем; возможно, однако, что он будет ближе, именно, к последним фракциям, отличающимся заметно от первых.

Во-вторых, должен указать, что для очень многих почв, особенно богатых гумусом, троекратным или четырехкратным отмучиванием выделить всю илистую фракцию далеко не удается, обычно приходится производить гораздо большее число отмучиваний; а тогда и количество фракции, отличающейся своим элементарным составом от первых фракций, должно заметно возрасти. И вообще нужно отметить, что в различных почвах дело тут будет обстоять очень различно, а потому степень отклонения элементарного состава той части коллоидов, которая выделяется из почвы тем или другим методом, от элементарного состава всего коллоидального комплекса будет для различных почв различна; теряется таким образом главный смысл подобных исследований—сравнительное изучение различных почв.

В подтверждение необходимости выделения, по крайней мере при современном состоянии нашей методики, всего коллоидального почвенного комплекса, могу еще привести опубликованные в последнее время исследования Д. В. Иванова [4]), который выделял поглощающий комплекс из почвы моим методом и произвел валовой анализ двух его фракций (фракция 0,00025—0,0001 мм. и фракция мельче 0,0001 мм.) и констатировал резкое различие в элементарном их составе (эти данные приводятся мною ниже в таб. VIII). Конечно, фракции, выделенные американцами и Д. В. Ивановым, различны по существу; у американцев каждая из фракций представляет смесь различных

---

[1]) *M. S. Anderson, W. H. Fry, P. L. Gile, H. E, Middleton and W. O. Robinson.* Adsorption by Colloidal and Noncolloidal Soil Constituens. Bul. № 1122, 1922 г. U. S. Dept of Agric. В этой работе граница коллоид. и неколлоид. части почвы была принята за 0,001 мм.

[2]) В этой таблице имеются и те почвы, кот. приведены нами в табл. I.

[3]) *К. Гедройц.* Ультрамеханический состав почвы... Ж. Оп. Агр. Т. 22.(1921—23 г.), ч. I, стр. 29.

[4]) *Д. В. Иванов.* Поглощающий комплекс чернозема. Науч.-Агроном. Журнал. Год III, 1926 г., № 4, стр. 268.

Таблица II.

*Микроскопическое определение неизвлекаемых коллоидов из мелкой и грубой фракций почвы, по Fry.*

| Почва и фракция. | % фракции от всей почвы | % неизвлеченных коллоидов от веса фракции, в котор. они остались. | % от веса почвы неизвлеченных коллоидов в обеих фракциях вместе. | % неизвлеченных коллоидов от общего количества их в почве. |
|---|---|---|---|---|
| 1. Тяжелый суглинок, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 9.4 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 7.6 | 74 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 83.8 | 4 | 9.0 | 48.9 |
| 2. Тяжелый суглинок, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 9.4 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 10.4 | 55 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 78.3 | 4 | 8.9 | 48.6 |
| 3. Суглинок, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 10.3 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 21.9 | 48 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 64.0 | 8 | 15,6 | 60.2 |
| 4. Тоже, 4—12 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 13.3 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 19.4 | 25 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 63.3 | 10 | 11.2 | 45.7 |
| 5. Илистый суглинок, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 14.4 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 20.6 | 38 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 61.9 | 2 | 9.1 | 38.7 |
| 6. Глина, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 42.4 | — | — | — |
| Фракция 0,001 — 0,050 вместе с крупнее 0,050 . . . . . | 53.1 | 42 | 22.3 | 34.5 |
| 7. Глина, 0—4 д. | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 31.5 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 38.9 | 52 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 31.8 | 25 | 28.2 | 47.2 |
| 8. Илистый суглинок | | | | |
| Извлечено коллоидов . . . . . | 30.5 | — | — | — |
| Фракция 0,001—0,050 . . . . . | 38.6 | 97 | — | — |
| „ крупнее 0,050 . . . . . | 31.8 | 14 | 41.9 | 57.9 |

величин частичек, составляющих коллоидальную часть почвы, а у Д. В. Иванова это две фракции, разделенные уже по величине частичек; так что о полной сравнимости здесь и не может быть речи; но во всяком случае, раз фракции с различными размерами частиц имеют неодинаковый элементарный состав, то это уже до известной степени предсказывает и неодинаковый состав фракций, выделенных американским методом, так как нет никаких оснований предполагать, что в разных этих фракциях будет одинаковое соотношение между количествами входящих в каждую из них частиц различного диаметра.

В связи с рассмотренным вопросом о границе величины частиц поглощающего (коллоидального) и непоглощающего (неколлоидального) почвенного комплекса стоит другой вопрос, уже не формального характера, поднятый в американской и английской литературе собственно в отношении главным образом глин, но имеющий значение и для почв. Существует ли различие между „обыкновенной" глиной (т. е. нашей илистой фракцией меньше 0,001 или 0,002 мм.) и „коллоидальной" глиной, ультраглиной (то, что я называю „ультрамеханической" фракцией), или это одно и то же в том смысле, что вся илистая фракция или вся „обыкновенная" глина представляет из себя в действительности коллоидальную фракцию с размерами частиц ниже 0,25 микрона (или, как некоторыми принимается, ниже 0,4 микрона). W. O. Robinson и Holmes[1]) считают, что почти вся илистая фракция, получаемая механическим анализом, является вместе с тем и коллоидальной фракцией, т. е. что фракции 0,001—0,00025 мм. в почвах почти не существует. G. W. Robinson[2]) считает, обратно, что даже в тяжелых глинах коллоидальные вещества представляют только часть общей илистой фракции.

Joseph[3]), который специально занялся этим вопросом, приходит к заключению, что „коллоидальная" глина идентична „обыкновенной" глине. Он приводит свои исследования 4-х образцов глин из различных местностей[4]). Из этих образцов им была выделена и тщательно очищена[5]) илистая фракция (мельче 0,002 мм.). Для получения из этой фракции коллоидально раздробленных частиц он поступал следующим образом. Разбавленная суспензия из этой фракции (однопроцентная и ниже) пропускалась через суперцентрифугу со скоростью

---

[1]) *W. O. Robinson* and *R. S. Holmes.* The Chemical Composition of Soil Colloids. Bull 1311, 1924. U. S. Dept.

[2]) *G. W. Robinson.* Pedology as a Branch of Geology. Geol. Mag. V. 61, 1924, стр. 445.
„ „ „ The Form of Mechanical Composition Curves of Soils, Clays... J. Agr. Sc. V. 14, 1924, стр. 631.

[3]) *A. F. Joseph.* Clays as Soil Colloids. Soil Sc. V. XX, 1925, стр. 89.

[4]) *A. F. Joseph* and *J. S. Hancock.* The Composition and Properties of Clays. Trans. Chem. Soc. V. 125, 1924, стр. 1888.

[5]) *A. F. Joseph* and *F. J. Martin.* The Moisture Equivalent of Heavy Soils. J. Agr. Sc. V. 13, 1923, стр. 58.

10—20 литров в час; получающаяся еще более разбавленная суспензия ультраглины свертывалась или же выделялась новым пропусканием через суперцентрифугу, но со скоростью 1—2 литров в час. С одной из глин (из Gezira) таких повторных выделений было проделано 47 и из взятых 15 гр. осталось неколлоидальной глины всего 2 гр., а выделение коллоидальной части было все также еще не закончено. Примерно то же получалось и с другими глинами. На основании этих данных автор заключает, что при достаточном продолжении отмучивания вся глина перешла бы в коллоидальную. Вместе с тем он приводит данные анализа двух из этих глин, произведенного по его просьбе Sven Oden'ом; в одном из образцов оказалось частиц меньше 0,4 микрона 71%, а в другом 68%, а неколлоидальной глины (фракция 0,002—0,0004) в первом 29%, во 2-ом 32%. Таким образом данные Oden'а не подтвердили положения автора о тождестве понятий „обыкновенная" и „коллоидальная" глина даже для его образцов.

Мы думаем, что сама постановка вопроса в том виде, в каком ее делает Joseph, несколько странна. Фракция 0,002—0,0004 мм. (или фракция 0,001—0,00025 мм.), т. е. неколлоидальная фракция илистой фракции есть одна из механических фракций почвы или глины; этой фракции в данном материале, как и любой другой фракции, может не быть вовсе, может быть очень мало, а может быть и очень сравнительно много. Почему именно фракция 0,002—0,0004 мм. будет всегда отсутствовать или почти отсутствовать в почвах или глинах, является совершенно непонятным и во всяком случае Joseph'ом не доказанным, так как сделать это только экспериментально, без достаточных теоретических обоснований, и при том только на нескольких образцах, конечно невозможно.

Здесь одно только совершенно бесспорно: как нами было доказано[1]), содержание свободных коллоидальных частиц в почве, насыщенной натрием, может быть значительно большим, чем в почве, насыщенной кальцием и магнием (не утверждаю, что так будет всегда для всех почв, ибо возможны такие привходящие условия в частных случаях, когда общее это положение будет маскироваться). Образование свободных коллоидальных частиц в этом случае происходит за счет более крупных ультрафракций, а также фракций пыли. Вот данные, приводившиеся мною в указанной выше статье (см. табл. на стр 23).

В данной почве образование свободных коллоидальных частичек шло главным образом за счет распыления средней и мелкой пыли и фракций 0,001—0,00054 и, 00054—0,00040 (особенно последней) ила; нет никаких оснований предполагать, что именно так будет итти распыление и в других почвах; там относительное участие различных фракций в образовании свободных коллоидальных частиц может быть, конечно,

[1] *К. Гедройц.* Ультрамеханический состав почвы в зависимости от рода катионов... Ж. Оп. Агр. Т. XXII, кн. 1, 1924, стр. 29.

иное. У нас нет никаких оснований отрицать существование в глинах или почвах на ряду с механическими элементами (не комплексами, не аггрегатами!) крупнее 0,001 мм. и элементов размерами от 0,001 и до 0,00025 мм. В приведенном нами примере таких элементов мы имеем 12% от веса почвы, что составит от веса илистой фракции 21%, т. е., применяя термины Joseph'a, можно сказать, что в „обыкновенной" глине нашей почвы содержалось 79% „коллоидальной" глины и 21% неколлоидальных частиц.

| Диаметр частиц в мм. / Чем почва насыщена. | 0,25—0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 | Илистая фракция. 0,001—0,00054 | 0,00054—0,00040 | 0,00040—0,00028 | 0,00028—0,00022 | меньше 0,00022 мм. | Сумма частиц меньше 0,001. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Почва, нас. Ca и Mg | 15,2 | 26,3 | 15,6 | 10,6 | 20,8 | 4,0 | 1,2 | 1,3 | 37,9 |
| „ „ Na . | 13,0 | 19,2 | 5,6 | 2,6 | 4,3 | 3,2 | 1,8 | 45,3 | 57,2 |

В заключение вышеизложенных предварительных указаний о составе поглощающего почвенного комплекса укажу, что пока единственным методом возможно полного выделения его из почвы является предложенный мною метод—приведения исследуемой почвы перед отмучиванием в состояние насыщенности натрием; обеспечивает ли он действительно полное выделение этого комплекса, я сказать не могу, но во всяком случае им достигается значительно большая полнота выделения, нежели какими-либо другими способами. Существенный недостаток его—продолжительность самого насыщения и последующего диализа. Теперь перехожу к изложению известных мне данных элементарного состава минеральной части поглощающего комплекса.

Элементарный состав алюмосиликатной части почвенного поглощающего комплекса. Мы прежде всего приведем результаты валового анализа коллоидальной части, полученной из различных почв и подпочв, приводимые Robinson'ом и Holmes в цитированной уже нами работе. Исследование производилось над почвами различных штатов, находящихся в очень неодинаковых климатических условиях, и охватило 45 почвенных образцов. Во всех случаях исследовался не весь коллоидальный комплекс, а лишь первая фракция, выделявшаяся по вышеописанному методу. Цифровой материал представляет большой интерес, а потому мы здесь его приведем в таб. III за исключением данных для MnO, $P_2O_5$, $SO_3$, Cl и $CO_3$. Авторы вычислили молекулярное отношение в коллоидальной части $SiO_2$ к полуторным окислам ($R_2O_3$) и молек. отношение между суммой CaO и $Na_2O$ и полуторными окислами и сопоставили величины этих отношений

Таблица III.

*Элементарный состав коллоидальной части различных почв и подпочв, по Robinson'y и Holmes, в °/₀°/₀ от веса сух. коллоидов.*

| №№ по порядку | Почвы, послужившие для выделения коллоидальной части | Слой почвы в дюймах | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Гигроскопическая вода | Химически связанная вода | Гумус | Азот | Общее количество коллоидов в почве, вычисл. на основ. поглощения воды |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Суглинок Carrington, Iowa . . | 0—12 | 44.89 | 0.47 | 22.59 | 7.75 | 1.48 | 1.44 | 1.36 | 0.22 | 11.22 | 8 56 | 11.59 | 0.61 | 32.4 |
| 2 | » » » . . | 15—36 | 48.04 | 0.65 | 25.19 | 8.80 | 1.29 | 1.53 | 0.89 | 0.38 | 10.98 | 9.23 | 4.52 | 0.20 | 29.4 |
| 3 | Тяж. суглинок Cecil, Maryland . | 0— 7 | 36.20 | 0.62 | 28.59 | 16.67 | 0.51 | 1.32 | 0.54 | 0.02 | 4.33 | 12.61 | 4.63 | 0.26 | 19.3 |
| 4 | » » » Georgia . | 0— 9 | 33.95 | 0.62 | 36.06 | 11.02 | 0.31 | 0.40 | 0.56 | 0.44 | 3.23 | 14.42 | 2.25 | 0.22 | 10.2 |
| 5 | » » » » . | 9—18 | 31.84 | 0.53 | 38.28 | 10.04 | 0.35 | 0.23 | 0.46 | 0.28 | 4.93 | 16.56 | 1.44 | 0.11 | 31.0 |
| 6 | Суглинок Chester, Virginia . . | 0— 7 | 34.82 | 1.14 | 27.88 | 15.93 | 0.17 | 2.86 | 0.85 | 0.08 | 3.86 | 11.90 | 5.54 | 0.36 | 14.3 |
| 7 | » » Maryland . . | 0— 8 | 39.00 | 0.58 | 29.98 | 11.27 | 0.93 | 0.22 | 1.24 | 0.32 | 3.76 | 11.77 | 4.11 | 0.28 | 8.5 |
| 8 | » » » . . | 8—32 | 40.03 | 0.70 | 30.58 | 11.34 | 0.36 | 0.78 | 1.14 | 0.19 | 5.90 | 10.26 | 4.99 | 0.22 | 24.8 |
| 9 | Илист. сугл. Clarksville, Kentucky | 0—10 | 42.40 | 0.81 | 26.49 | 10.05 | 0.62 | 1.22 | 1.76 | 0.25 | 10.21 | 9.89 | 5.71 | 0.38 | 23.3 |
| 10 | » » » » | 10—36 | 43.68 | 0.63 | 27.70 | 11.51 | 0.48 | 1.39 | 1.65 | 0.34 | 8.00 | 10.51 | 2.28 | 0.20 | 25.5 |
| 11 | » » Crowley, Louisiana . | 0—10 | 46.95 | 0.39 | 27.35 | 8.77 | 0.99 | 1.47 | 0.85 | 0.14 | 1.38 | 10.63 | 2.72 | 0.34 | — |
| 12 | Тяж. сугл. Dunkirk, New-Iork . | 0— 8 | 43.02 | 0.37 | 27.92 | 13.16 | 0.63 | 2.32 | 3.71 | 0.79 | 8.16 | 5.02 | 2.50 | 0.30 | - |
| 13 | Суглинок Fallon, Nevada . . . | 0—12 | 52.57 | 0.30 | 16.49 | 10.70 | 2.20 | 5.67 | 1.97 | 1.02 | 11.78 | 7.04 | 1.83 | 0.09 | — |
| 14 | » Hagerstown, Maryland | 0— 8 | 39.93 | 0.55 | 29.02 | 9.45 | 1.25 | 1.53 | 1.61 | 0.50 | 3.69 | 9.94 | 6.97 | 0.24 | 16.7 |
| 15 | » » » | 8—30 | 41.63 | 0.57 | 29.86 | 11.31 | 0.74 | 1.42 | 1.84 | 0.11 | 4.16 | 10.51 | 2.69 | 0.10 | 32.0 |
| 16 | Черная глина Houston, Texas . | 0—12 | 53.34 | 0.81 | 20.77 | 7.15 | 5.01 | 1.39 | — | — | 9.16 | 9.60 | 1.84 | 0.09 | 55.6 |
| 17 | Суглинок Huntington, Maryland | 0— 8 | 37.79 | 0.40 | 27.16 | 11.28 | 0.70 | 1.30 | 2.67 | 0.54 | 5.33 | 8.14 | 9.82 | 0.55 | 23.1 |
| 18 | » » » | 8—30 | 39.54 | 0.47 | 26.77 | 13.33 | 0.54 | 1.32 | 2.67 | 0.45 | 4.89 | 8.24 | 6.11 | 0.20 | 20.8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 3.98 | 13.58 | 0.89 | — | — |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | Глина Lufkin, Mississippi . . . | 5 36 | 55.44 | 0.76 | 22.06 | 8.98 | 1.85 | 2.03 | 0.65 | 0.07 | 13.45 | 7.06 | 0.71 | 0.07 | — |
| 21 | Суглинок Manor, Maryland . . | 0— 7 | 38.86 | 0.72 | 31.11 | 10.33 | 0.64 | 1.23 | 1.37 | 0.63 | 4.63 | 11.94 | 3.69 | 0.21 | 18.4 |
| 22 | » » » . . | 0—20 | 40.36 | 0.70 | 31.20 | 10.29 | 0.38 | 1.35 | 1.28 | 0.45 | 5.34 | 11.35 | 2.56 | 0 15 | 18.6 |
| 23 | Илист. сугл. Marshall, Nebraska . | 0—14 | 45.93 | 0.48 | 21.72 | 8.94 | 1.19 | 2.01 | 2.28 | 0.21 | 7.75 | 7.92 | 8.55 | 0.51 | 27.3 |
| 24 | » » » » | 14—36 | 48.18 | 0.50 | 22.00 | 10.03 | 1.36 | 1.62 | 2.07 | 0.15 | 11.00 | 9.32 | 3.96 | 0.22 | 34.3 |
| 25 | » » Miami, Indiana . . | 0—40 | 46.37 | 0.70 | 23.96 | 11.47 | 0.92 | 2.15 | 2.47 | 0.40 | 7.10 | 8.09 | 3.67 | 0.27 | 22.7 |
| 26 | » » » » . . | 10— 30 | 48.48 | 0.79 | 24.12 | 10.44 | 1.39 | 2.64 | 2.88 | 0.86 | 5.89 | 7,64 | 0.93 | 0.10 | 50.1 |
| 27 | Легкий » Norfolk, N. Carolina | 0— 8 | 38.25 | 0.79 | 31.21 | 11.25 | 0.54 | 0.53 | 0.26 | 0.09 | 4.45 | 11.92 | 4.69 | 0.22 | 10.7 |
| 28 | » » » » . . | 12— 36 | 41.60 | 0.71 | 31.10 | 11.28 | 0.34 | 0.49 | 0.46 | 0.22 | 3.25 | 11.50 | 1.60 | 0.25 | 20.5 |
| 29 | Суглинок Ontario, New-Iork . . | 0—12 | 38.01 | 0.38 | 23.30 | 10.84 | 1.37 | 2.34 | 2.23 | 0.14 | 9.95 | 3.33 | 17.13 | 0.70 | 18.5 |
| 30 | » » » . . | 12— 22 | 42.40 | 0.56 | 24.71 | 15.27 | 1.18 | 2.59 | 2.39 | 0.51 | 9.50 | 7.22 | 3.49 | 0.23 | 11.4 |
| 31 | Легк. сугл. Orangeburg, Missis. | 0—10 | 40.35 | 0.54 | 31.04 | 10.11 | 0.51 | 0.73 | 0.81 | 0.24 | 4.34 | 10.63 | 4.26 | 0.26 | 6.2 |
| 32 | » » » » | 10—36 | 40.35 | 0.44 | 33.27 | 10.08 | 0.45 | 0.67 | 0.81 | 0.29 | 5.44 | 11.92 | 1.68 | 0.25 | 21.5 |
| 33 | Илист. » Sassafras, Maryland | 0— 8 | 39.24 | 0.63 | 28.64 | 10.19 | 0.75 | 1.16 | 1.17 | 0.38 | 5.44 | 10.97 | 6.32 | 0.43 | 8.0 |
| 34 | » » » » | 8—22 | 41.14 | 0.70 | 29.26 | 12.73 | 0.53 | 1.07 | 1.35 | 0.42 | 5.32 | 12.49 | 1.59 | 0.32 | 18.9 |
| 35 | Глина Sharkey, Mississippi . . | неизв. | 50.63 | 0.88 | 20.74 | 9.07 | 1.92 | 1.80 | 1.96 | 0.34 | 7.91 | 8.81 | 3.47 | 0.21 | — |
| 36 | » » » . . | 0— 4 | 51.34 | 0.51 | 22.61 | 8.79 | 1.41 | 2.48 | — | — | 9.30 | 7.45 | 3.48 | 0.57 | — |
| 37 | » Stockton, California . . . | 0—12 | 48.95 | 1.05 | 21.54 | 13.79 | 1.47 | 2.16 | 0.28 | 0.03 | 11.91 | 9.56 | 1.88 | 0.16 | 43.1 |
| 38 | » » » . . . | 0—38 | 49.50 | 1.14 | 22.51 | 10.57 | 1.96 | 2.68 | 0.26 | 0.66 | 10.70 | 10.75 | 1.20 | 0.05 | 23.3 |
| 39 | » » » . . . | 38—50 | 48.61 | 0.94 | 22.23 | 10.13 | 1.70 | 3.37 | 0.78 | 0.50 | 8.76 | 9.69 | 2.82 | 0.07 | — |
| 40 | » Susquehanna, Mississippi | 0— 4 | 36.97 | 0.50 | 36.91 | 10.44 | 0.20 | 0.42 | 2.12 | 0.26 | 1.56 | 8.75 | 2.55 | 0.14 | 30.4 |
| 41 | » » Maryland . | 5— 6 | 43.71 | 1.04 | 28.44 | 10.72 | 0.24 | 2.56 | 0.86 | 0.78 | 2.65 | 11.12 | 0.75 | — | — |
| 42 | Тяж. сугл. Vega Baja, Porto Rico | 0 12 | 36.26 | 0.65 | 32.85 | 12.44 | 0.44 | 0.18 | 0.36 | 0.47 | 2.63 | 12.73 | 4.15 | 0.31 | 57.8 |
| 43 | Илист. сугл. Wabash, Nebraska | 0—15 | 51.28 | 0.49 | 20.28 | 9.75 | 2.19 | 2.09 | 1.91 | 0.21 | 10.19 | 6.18 | 5.55 | 0.31 | 29.8 |
| 44 | » » » » | 15—36 | 50.55 | 0.56 | 20.87 | 9.57 | 1.59 | 2.21 | 1.97 | 0.14 | 10.24 | 6.74 | 5.60 | 0.27 | 32.4 |
| 45 | Глина Jolo, California . . . . . | 0—18 | 46.25 | 0.31 | 16.42 | 10.00 | 1.46 | 5.64 | 2.54 | 1.36 | 7.39 | 13.42 | 2.19 | 0.10 | — |

с средним годовым количеством атмосферных осадков и средней годовой температурой. Привожу эти данные в таб. IV. В ней нумерация почвенных образцов та же, что и в таблице III.

Из приведенных таблиц видно, что состав коллоидных минеральных веществ у разных почв очень разнообразный; так, процентное содержание $SiO_2$ колеблется в пределах от 31 до 55, процентное содержание $Al_2O_3$—в пределах 16—38, а $Fe_2O_3$—в пределах от 4,6 и до 16; еще больше колебания в содержании оснований в коллоидальной части; но согласно таблице IV имеется некоторая закономерность, во-первых, между отношением кремнекислоты к полуторным окислам и отношением кальция плюс натрий к тем же полуторным окислам: в общем с возрастанием одного возрастает и другое отношение. Коэффициент корреляции между двумя этими отношениями оказался в данном ряде почв равным $+0{,}81 \pm 0{,}04$; такая величина коэффициента определенно указывает на тесную связь между этими двумя отношениями, т.-е. на то, что большинство факторов, влияющих на отношение кремнекислоты к полуторным окислам, влияют в том же направлении и на отношение суммы кальция и натрия к этим же полуторным окислам. „Возможно, что кремнекислота, подобно извести и натрию, легче удаляется из коллоидальной части, чем железо и алюминий, и что продолжающееся промывание влечет обеднение коллоидальной части кремнекислотой и известью и натрием; или может быть условия, которые определяют низкое отношение кремнекислоты к полуторным окислам во время образования, определяют также низкое отношение суммы кальция плюс натрий к полуторным окислам“ [1]). Во-вторых, из той же таблицы видна некоторая связь между теми же двумя отношениями и средним годовым количеством атмосферных осадков. Для этого количества и отношения кремнезема к полуторным окислам коэффициент корреляции равен $-0{,}58 \pm 0{,}07$, а для него же и отношения суммы кальция и натрия к полуторным окислам он равен $-0{,}52 \pm 0{,}07$; „таким образом имеется несомненная, но не столь определенная зависимость между химическим составом и атмосферными осадками, воздействию которых в настоящее время коллоидальные вещества почвы подвергаются“. Между теми же отношениями и температурой таб. IV не обнаруживает какого-либо соотношения; коэф. корреляции в этом случае равняется $-0{,}22 \pm 0{,}09$ и $0{,}06 \pm 0{,}10$. „Атмосферные осадки представляют более существенный климатический фактор в отношении определения химического состава коллоидов исследовавшихся почв, нежели температура“.

Нам известны еще три работы, в которых авторы частично использовали материал валового анализа коллоидальной части почв, полученный Bureau of Soils и приведенный нами в таб. III. На этих работах мы сейчас и остановимся.

---

[1]) Loc. cit. стр. 24.

Таблица IV.

*Соотношение между* $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ *(I),* $\frac{CaO + Na\,O}{R_2O_3}$ *(II), средним годовым количеством (дано в дюймах) атмосферных осадков (III), средней годовой (T°) температурой (IV) и цвет почвы (V), по Robinson'y и Holmes.*

| №№ почв | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1,20 | 0,25 | 49 | 62 | красный |
| 4 | 1,34 | 0,30 | 49 | 62 | „ |
| 42 | 1,34 | 0,39 | 69 | 77 | желтовато-красный |
| 40 | 1,35 | 0,18 | 58 | 65 | ярко-красный |
| 6 | 1,54 | 0,13 | 44 | 55 | коричневый |
| 3 | 1,55 | 0,23 | 40 | 53 | красный |
| 27 | 1,67 | 0,29 | 50 | 52 | желтовато-коричневый |
| 32 | 1,71 | 0,32 | 53 | 63 | красный |
| 21 | 1,74 | 0,58 | 40 | 54 | желтовато-коричневый |
| 7 | 1,77 | 0,59 | 43 | 53 | „ „ |
| 8 | 1,79 | 0,26 | 43 | 53 | светлый красновато-коричневый |
| 22 | 1,81 | 0,38 | 40 | 54 | желтовато-коричневый |
| 31 | 1,83 | 0,35 | 53 | 63 | темный, коричневато-красный |
| 28 | 1,84 | 0,25 | 50 | 52 | желтый |
| 33 | 1,85 | 0,57 | 41 | 55 | коричневый |
| 17 | 1,86 | 0,62 | 35 | 53 | темно-коричневый |
| 18 | 1,89 | 0,47 | 35 | 53 | светлый, красновато-коричневый |
| 34 | 1,89 | 0,45 | 41 | 55 | красновато-коричневый |
| 15 | 1,89 | 0,41 | 40 | 54 | коричневато-красный |
| 14 | 1,91 | 0,89 | 40 | 54 | темный, красновато-коричневый |
| 19 | 1,93 | 0,48 | 52 | 64 | светлый, желтовато-коричневый |
| 12 | 1,99 | 0,69 | 40 | 45 | желтовато-оливковый |
| 30 | 2,08 | 0,89 | 34 | 47 | темный, красновато-коричневый |
| 41 | 2,10 | 0,49 | 41 | 53 | желтовато-красный |
| 10 | 2,10 | 0,41 | 49 | 58 | красновато-коричневый |
| 29 | 2,13 | 0,89 | 31 | 47 | темный, серовато-коричневый |
| 9 | 2,18 | 0,43 | 49 | 58 | темно-коричневый |
| 11 | 2,40 | 0,62 | 55 | 68 | серовато-коричневый |
| 25 | 2,50 | 0,75 | 37 | 50 | „ „ „ |
| 2 | 2,64 | 0,96 | 32 | 47 | темный, серовато-коричневый |
| 26 | 2,66 | 1,29 | 37 | 50 | коричневый |
| 37 | 2,72 | 0,91 | 14 | 60 | темно-серый |
| 1 | 2,75 | 1,11 | 32 | 47 | черный |
| 23 | 2,82 | 0,93 | 30 | 51 | очень темный серовато-коричн. |
| 39 | 2,85 | 1,36 | 28 | 62 | светлый, желтовато-коричневый |
| 38 | 2,87 | 1,56 | 28 | 62 | серовато-коричневый |
| 24 | 2,87 | 0,99 | 30 | 51 | темный серовато-коричневый |

| №№ почв | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 3,07 | 0,91 | 54 | 66 | Темный, серовато-коричневый |
| 43 | 3,16 | 1,63 | 34 | 52 | черный |
| 35 | 3,23 | 1,53 | 54 | 66 | серовато-коричневый |
| 20 | 3,30 | 1,22 | 52 | 64 | кремовый |
| 44 | 3,33 | 1,15 | 34 | 52 | черный |
| 45 | 3,43 | 2,11 | 20 | 58 | светлый, желтовато-коричневый |
| 16 | 3,56 | 3,00 | 38 | 65 | серый |
| 13 | 3,82 | 2,44 | 5 | 51 | светло-серый |

Gile[1]) из данных Bureau of Soils останавливается на 11 почвах, составляющих ряд с постепенным изменением величины молекулярного отношения между $SiO_2$ и $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ в коллоидальной их части, и сопоставляет это отношение с различными свойствами коллоидальной части: с теплотой смачивания, с количеством поглощаемых сухих паров аммиака, с количеством малахитовой зелени, поглощаемой этими коллоидами, и с некоторыми другими свойствами (какие, не указано). Цифровых данных в статье нет, а приводятся графики. На основании этого исследования автор приходит к таким выводам.

Коллоидальная минеральная часть различных почв имеет одну и ту же общую природу. Свойства ее у различных почв изменяются приблизительно пропорционально молекулярному отношению $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$. Преобладающим поглощенным катионом является кальций[2]), и количество его изменяется параллельно изменению количества $SiO_2$ + органическое вещество, но далеко не пропорционально. Коллоидальная часть почвы представляет сложную смесь силикатов и окисей; эти соединения могут быть как в аморфном, так и в кристаллическом состоянии; последнее доказывается получением ясного рентгеновского спектра. Многие коллоидальные частички, очевидно, составлены из других более мелких частиц различного состава.

Gile задается вопросом, почему почвенные коллоидальные вещества, хотя, конечно, и претерпевают некоторые изменения, но все таки в течение ряда тысячелетий остаются дисперсно-раздробленными, тогда как чистые неорганические гели теряют свои характерные особенности в продолжение сравнительно очень коротких периодов. Он делает допущение, что эта устойчивость является результатом сложности смеси коллоидальных веществ почвы и что возможно, именно, кремнекислота и органические вещества почвы являются главными

---

[1]) *P. L. Gile*, Nature of the Colloidal Soil Material. Colloid Symposium Monograph. Vol. III, 1925, стр. 216—227.

[2]) Автору, очевидно, было неизвестно содержание поглощенного натрия в солонцах где этот катион может значительно преобладать над кальцием.

компонентами в этой смеси, защищающими коллоидальные почвенные частички от уменьшения степени их дисперсности. Вопрос, затрагиваемый автором, очень сложен и едва ли может быть удовлетворительно разрешен в настоящее время; но вместе с тем не могу не отметить, что путь, намечаемый Gile для его разрешения, едва ли правилен. В большинстве почв свободная коллоидальная кремнекислота по своему количеству представляет совершенно ничтожную величину по сравнению с общей массой коллоидальных частиц; совершенно то же надо сказать и относительно органической коллоидальной массы в подпочвенных горизонтах и в материнских породах, где, однако, коллоидального материала может быть также очень много. Мы думаем, что дело тут в чем то другом и между прочим, быть может, тут играют роль два следующих момента: во-первых, установившееся подвижное равновесие: какая часть коллоидального материала теряет свою коллоидальность, такое же количество его вновь возникает. Во-вторых, большая часть коллоидальных частиц почвы и подпочвы представляет из себя различного рода силикаты и алюмосиликаты; вода на них действует не растворяюще, а разлагающе; поэтому в маточном растворе мы не имеем того состава, который необходим для роста этих коллоидальных частиц, и они остаются таковыми; иное дело с простыми гелями $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$; как раз, именно, для них то, вследствие нахождения их же и в истинном растворе, должно наблюдаться старение их гелей.

Работа Anderson'a и Mattson'a[1]) затрагивает те же вопросы, что и работа Gile, и оперирует почти с теми же почвами; но в ней приводятся цифровые данные для теплоты смачивания и поглощения газообразного аммиака коллоидальным материалом 13 почв; эти данные мы приводим в таблице V.

Наконец, в третьей работе из этой серии, автор ее[2]) сопоставляет валовой состав (собственно молекулярное отношение $SiO_2$ к сумме полуторных окислов) коллоидальной части 7 почв и бентонита с емкостью поглощения и с количеством метилен блау, необходимым для получения изоэлектрической точки. Если к коллоидальным почвенным частичкам, несущим отрицательный заряд, прибавлять раствор метилен блау все в возрастающем количестве, то отрицательный заряд постепенно уменьшается, достигается изоэлектрическая точка, а затем дальнейшее прибавление вызывает положительный заряд коллоида. По данным автора, как видно из прилагаемой таблицы VI, изоэлектрическая точка достигается тогда, когда все поглощенные катионы

[1]) *M. S. Anderson and S. G. Mattson.* The Relation between Properties and Chemikal Composition of Soil Colloids. Science, Vol. 62, 1925, стр. 114—115.

[2]) *S. Mattson.* The Relation between the Electrokinetic Behavior and the Base Exchange Capacity of Soil Colloidals. Journ. Amer. Soc. of Agronomy, Vol. 18, 1926, стр. 458—470.

Таблица V.

*Теплота смачивания, поглощение аммиака (сухого) и отношение $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ в коллоидах, выделенных из различных почв, по Anderson'y и Mattson'y*[1]).

| Почва, из которой получен коллоидальный материал. | Молекулярное отношение $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ | Теплота смачивания Калории на 1 гр. коллоида. | $NH_3$, поглощенный 1 гр. коллоида, в гр. | Относительные числа: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ | Теплота смачивания | Поглощенный $NH_3$ |
| 1. Подпочва Cecil | 1,20 | 4,5 | 0,0192 | 0 | 0 | 3 |
| 2. Почва „ | 1,34 | 6,2 | 0,0239 | 7 | 13 | 12 |
| 3. Почва Chester | 1,77 | 7,2 | 0,0293 | 28 | 21 | 26 |
| 4. Подпочва Norfolk | 1,84 | 6,0 | 0,0295 | 32 | 11 | 27 |
| 5. Почва Huntington | 1,86 | 8,3 | 0,0319 | 33 | 29 | 32 |
| 6. Подпочва Sassafras | 1,89 | 9,8 | 0,0340 | 34 | 40 | 37 |
| 7. Подпочва Hagerstown | 1,89 | 7,9 | 0,0299 | 34 | 26 | 28 |
| 8. Подпочва Susquehanna | 1,98 | 5,3 | 0,0177 | 40 | 6 | 0 |
| 9. Подпочва Miami | 2,66 | 11,8 | 0,0358 | 72 | 56 | 41 |
| 10. Почва Marshal | 2,82 | 14,2 | 0,0536 | 89 | 74 | 82 |
| 11. Почва Stockton | 2,85 | 16,3 | 0,0617 | 81 | 90 | 100 |
| 12. Почва Wabash | 3,16 | 17,6 | 0,0614 | 97 | 100 | 99 |
| 13. Почва Sharkey | 3,23 | 16,3 | 0,0609 | 100 | 90 | 98 |

[1]) *M. S. Anderson and S. G. Mattson. The Relation between Properties and Chemical Composition of Soil Colloids. Science Vol. 62, 1925, № 1596, стр. 114—115.*

почвенных коллоидов замещены катионами метилен блау. Из той же таб. мы видим, что емкость поглощения и количество метилен блау, необходимое для нейтрализации отрицательного заряда коллоида, изменяются приблизительно параллельно отношению (молекулярному) $SiO_2$ к $Al\ O_3 + Fe\ O_3$ в коллоидальной части почвы.

*Таблица VI.*

| Почва, из кот. получена коллоидальная часть | Емкость поглощения на 1 гр. коллоида, в м.-экв. | Количество метилен блау, потребное для нейтрал. отрицат. заряда 1 гр. коллоида, в м.-экв. | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe\ O_3}$ |
|---|---|---|---|
| Бентонит Ardmore . . . . . | 1,102 | 1,088 | 3,81 |
| Сугл. почва Fallon . . . . . | 0,947 | 0,770 | 3,82 |
| Глин. „ Sharkey . . . . . | 0,796 | 0,678 | 3,18 |
| Сугл. „ Marshall . . . . . | 0,671 | 0,536 | 2,82 |
| Сугл. подпочва Sassafras . . . | 0,331 | 0,220 | 1,89 |
| Лег. сугл. „ Norfolk . . . . . | 0,207 | 0,153 | 1,63 |
| Глин. подпочва Aragon . . . . | 0,164 | 0,019 | 0,55 |

Из выше изложенного видно, что сотрудниками Bureau of Soils Департ. земледелия Соед. Штатов Сев. Америки проделана чрезвычайно большая работа по изучению коллоидальной части почвы; такая работа могла быть осуществлена лишь при тех материальных и технических средствах, какими обладает это Bureau.

Надо однако отметить, что к сожалению эта колоссальная работа далеко не может дать всего того, чего можно было бы от нее ожидать, если бы в основу выбора почвенных образцов для этого исследования был положен генетический признак; если бы исследование это было произведено с образцами почв определенных типов почвообразования и послойно, то полученный материал дал бы возможность, конечно, подметить зависимость валового состава (или тех или других соотношений между элементами) коллоидальной части почвы от типа почвообразования, так как несомненно зависимость тут должна быть. Тогда и отношение $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ могло бы быть более полно использовано для познания свойств коллоидальной части почвы. В цитированных же работах оно использовано, по моему, односторонне и не вполне правильно.

Несомненно различные коллоидальные свойства поглощающего почвенного комплекса находятся в зависимости от этого отношения; между ними должен быть известный, но далеко не полный параллелизм, не полный по многим причинам: кроме минеральной части имеется

еще органическая часть поглощающего комплекса, различная, конечно, и по величине и по дисперсности в различных почвах; $SiO_2$, $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ входят в минеральный поглощающий комплекс в виде соединений, а затем в почве они могут быть и в свободном состоянии и опять таки в количествах различных в различных типах почвы; затем, коллоидальная часть почвы представляет совокупность частиц различной величины, процентное же содержание кремнекислоты и полуторных окислов в различных ультрафракциях не одинаково; чем мельче фракция, тем, по всей вероятности, меньше в ней валовой $SiO_2$ и больше полуторных окислов; а так как ультрамеханический состав у различных почв не может быть одинаков, то ясно, что и отношение $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не может итти совершенно параллельно коллоидальным свойствам поглощающего комплекса.

Нам кажется, что центр тяжести интереса сопоставления коллоидальных свойств как с отношением $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, так и с другими возможными отношениями и комбинациями, именно, и заключается в констатировании и расшифровании тех отклонений от параллелизма, какие наблюдаются; так как эти, именно, отклонения и дадут нам возможность выявить особенности коллоидального комплекса данной почвы, а вместе с тем установить зависимость характера и свойств поглощающего почвенного комплекса от типа почвообразования. Но для этого, конечно, прежде всего необходимо связывать само это изучение с генезисом почвы.

В вышецитированной работе Robinson'a и Holmes изучался элементарный состав коллоидальной части почв, находящихся в различных климатических условиях. Имеется исследование R. Bradfield'a [1]) над составом коллоидального комплекса из 11 почв, взятых в различных местах штата Missouri, т. е. находящихся примерно при одних и тех же климатических условиях. Метод выделения в общем схож с методом, применявшимся Robinson'ом и Holmes. Коллоидальная часть выделялась также не полностью. В табл. VII приводим эти данные за исключением марганца.

Из этой табл. видно, что химический состав коллоидальной части исследовавшихся Bradfield'ом почв неодинаков; процентное содержание $SiO_2$ колеблется в них от 48,77% и до 52,78%, окиси алюминия в пределах 24,19 и до 30,42%, окиси железа—в пределах от 3,51 до 5,51%; окиси кальция от 0,23 и до 1,75; окиси магния от 1,29 и до 2,56; окиси калия от 0,80 и до 1,87, и $Na_2O$ от 0,000 и до 0,854. Колебания в содержании оснований значительно сильнее, нежели в содержании кремнекислоты и полуторных окислов; наибольшее постоянство имеем в содержании $SiO_2$. Но в общем химический состав коллоидальной

---

[1]) *R. Bradfield.* The Chemical Nature of Colloidal Clay. Journ. of the Amer. Soc. of Agronomy, Vol. 17, 1925, № 5, стр. 253; см. также его статью The Nature of the Cnemical Reactions of Colloidal Clay. Colloid Symposium Monograph, Vol. I. 1923 г., стр. 369.

части в этих почвах в отношении кремнекислоты, алюминия и железа значительно более постоянен, нежели в почвах, исследованных Robinson'ом и Holmes; здесь мы имеем совершенно ясное влияние климатических условий. Что касается оснований, то здесь влияние климата не так резко сказалось; данные показывают, что в пределах довольно однообразного климата страны (не почвы!) количественный состав оснований в коллоидальной части почвы может колебаться так же сильно или примерно так же сильно, как и в почвах различных климатических зон. Очевидно, здесь играют существенную роль чисто местные условия.

Таблица VII.

*Элементарный состав коллоидальной части почв штата Missouri, по Bradfield'y.*

| №№ по порядку. | Почвы. | Гигроскопическая вода. | Летучие вещества. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Memphis . . . . . | 10.60 | 11.76 | 50.00 | 28.21 | 3.53 | 1.14 | 1.84 | 1.68 | 0.600 |
| 2 | Robertsville. . . . | 10.86 | 13.38 | 49.81 | 29.23 | 3.72 | 0.94 | 1.51 | 1.25 | 0.000 |
| 3 | Boone D . . . . . | 11.28 | 12.47 | 48.77 | 29.90 | 4.05 | 7.23 | 1.37 | 0.80 | 0.120 |
| 4 | „ C . . . . . | 12.30 | 11.88 | 50.54 | 28.86 | 4.45 | 0.73 | 1.42 | 1.01 | 0.071 |
| 5 | Clarksville . . . . | 12.66 | 11.34 | 51.34 | 28.00 | 4.53 | 0.29 | 1.54 | 1.25 | 0.301 |
| 6 | Wabash . . . . . | 12.58 | 11.16 | 50.11 | 24.51 | 3.39 | 1.75 | 2.41 | 1.87 | 0.602 |
| 7 | Sharkey . . . . . | 12.83 | 11.51 | 52.78 | 24.19 | 4.73 | 1.23 | 2.56 | 1.63 | 0.854 |
| 8 | Bates . . . . . | 12.46 | 12.43 | 51.18 | 25.59 | 5.17 | 0.99 | 1.80 | 1.34 | 0.318 |
| 9 | Putnam B. F. . . | 12.17 | 13.37 | 50.22 | 27.65 | 4.74 | 0.92 | 1.52 | 0.85 | 0.449 |
| 10 | Merion . . . . . | 12.44 | 11.83 | 50.15 | 26.53 | 5.51 | 0.44 | 1.75 | 1.06 | 0.302 |
| 11 | Cherokel . . . . . | 10.69 | 14.09 | 48.79 | 30.42 | 3.80 | 0.35 | 1.29 | 1.03 | 0.555 |
| | Среднее . . | 11.90 | 12.29 | 50.11 | 27.55 | 4.33 | 0.82 | 1.73 | 1.25 | 0.379 |

Вопрос о соотношении между химическим составом коллоидальной части почвы и ее физическими и химическими свойствами затрагивается и Joseph'ом в цитированной уже мною его работе „Clays as Soil Colloids“ (Soil Sc. V. XX, 1925, стр. 89), при чем он пользуется данными как своими, так и других исследователей, и за мерило химического состава коллоидальной части принимает молекулярное отношение $SiO_2 : Al_2O_3$ в этой части.

Вот его данные для 6 суданских почвенных глин (очевидно, для всей илистой фракции, из текста неясно).

| №№ образцов. | $SiO_2 : Al_2O_3$ | Имбибиционная вода [1]). | Скорость испарения [2]). |
|---|---|---|---|
| 7900 | 2,85 | 44 | 0,202 |
| 8320 | 3,77 | 79 | 0,178 |
| 6640 | 3,90 | 101 | 0,072 |
| 9223 | 3,93 | 111 | — |
| 6960 | 3,95 | 118 | 0,093 |
| 9228 | 4,79 | 120 | 0,054 |

Корреляция между величиной отношения $SiO_2$ к $Al_2O_3$ и свойствами вполне удовлетворительная, исключая скорости испарения одного образца глины.

Далее Joseph заимствует данные валового анализа почвенных коллоидов из работы Robinson'a и Holmes и сопоставляет отношение $SiO_2$ к $Al_2O_3$ с разными свойствами. Вот данные для двух образцов:

| | № 31. | № 43. |
|---|---|---|
| $SiO_2 : Al_2O_3$ | 2,200 | 4,290 |
| Связность | 33,000 | 154,200 |
| Теплота смачивания | — | 17,000 |
| Поглощение воды | 263,000 | 333,000 |
| Имбибиционная вода | 79,000 | 134,000 |
| Скорость испарения | 0,151 | 0,108 |

Если сопоставить эту таблицу с предшествующей, то здесь обнаружится отсутствие корреляции между химическим составом коллоидов той и другой тб. и имеющимися там и здесь общими свойствами, и Joseph совершенно правильно указывает, что удовлетворительного параллелизма можно ожидать только в группах материалов сходного происхождения и общего химического состава.

---

[1]) Вода, поглощаемая почвою сверх той, которая заполняет поры почвы. Определялась по *E. A. Fischer,* Remarks and Observations on Imbibitional Soil Moisture (J. Agr. Sc. V. 14, 1924, стр. 204): определяется эквивалент влажности, во-первых обычным путем, т. е. помощью воды, а во-вторых, помощью ксилола; из полученного объема воды вычитается объем ксилола; разность дает имбибиционную воду.

[2]) Скорость испарения определялась по *B. A. Keen*'у „The Evaporation of Water from Soil". J. Agr. Sc. V. 6, 1914, 456; процент воды, теряемой в минуту при 35°C. и 10% влажности.

Приведем еще данные *Joseph*'а для двух илистых фракций („обыкновенная" глина и выделенные из нее коллоиды), показывающие степень гомогенности глины.

| | | $SiO_2 : Al_2O_3$ | Поглощение метилена синего, %. |
|---|---|---|---|
| № 6960 | Вся глина . . . . . | 3,95 | 29 |
| | Выделенная колл. глина . . | 4,54 | 72 |
| № 10195 | Вся глина . . . . . | 3,90 | 35 |
| | Выделенная колл. глина . . | 4,20 | 41 |

Эти данные, по нашему мнению, также говорят против идентичности „обыкновенной" глины и ее коллоидальной части (см. стр. 21).

Novak и Smolik [1]) выделили и исследовали коллоидальные частички из 10 образцов чехо-словакских почв. Для получения коллоидальной части они поступали следующим образом.

Почва предварительно обрабатывалась разведенной соляной кислотой (концентрация не указана), кислота затем отмывалась, и почва взмучивалась в воде, к которой прибавлялось немного аммиака.

Сосуд с взмученной почвой оставлялся в покое на 128 дней, после чего сливался сифоном слой мутной жидкости в 10 стм. По формуле Стокса в этом слое оставались частички с диаметром меньше 0,0001 mm. Для некоторых почв в исследование поступал сухой остаток только этого первого сливания, для других же почв после первого сливания снова прибавлялась вода до первоначальной высоты, и снова производилось такое же отстаивание, и неосевшие в течение 128 дней частички прибавлялись к частичкам первого сливания и исследовались вместе. Таким образом, авторы в этом исследовании не распыляли полностью аггрегатов коллоидальных частиц почвы и выделяли не полностью имевшиеся уже в почве свободные коллоидальные частички; исследованию они подвергали поэтому заведомо не весь поглощающий почвенный комплекс. Для восьми из исследованных образцов авторы приводят полный валовой анализ выделенной ими части поглощающего комплекса.

В таблице VIII-а мы приводим эти данные снабдив их для каждой почвы молекулярными отношениями $SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3$ и $SiO_2 : Al_2O_3$ (в статье приведены эти отношения не для молекулярных, а абсолютных количеств кремнекислоты и полуторных окислов). Для этого исследования послужили образцы следующих почв: I су-

[1]) *V. Novák* et *L. Smolik*. Sur la quantité et la composition chimique de l'argile colloidale des sols. Actes de la IV. Confér. Intern. de Pedologie 12—19 mai, 1924. Vol. II, Rome, 1926, стр. 128. Результаты исследования трех образцов были опубликованы кроме того в Koll. Zeitschr., 1922.

глинистый деградированный чернозем (пахотная почва); II суглинистая подпочва; III подпочвенная глина; IV суглинистый деградированный

Таблица VIII-а.

*Валовой анализ коллоидальной фракции различных почв, по V. Nowak'y и L. Smolik'y.*

| | Образец I | Образец II | Образец III | Образец IV | Образец V | Образец VI | Образец VII | Образец VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . | 53,91 | 55,53 | (43,89) | 52,700 | 56,000 | 59,200 | 46,100 | 47,400 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 14,46 | 15,08 | 14,26 | 12,251 | 21,502 | 16,516 | 19,914 | 19,118 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 17,68 | 18,97 | 27,75 | 8,359 | 9,927 | 11,040 | 6,011 | 12,306 |
| $Mn_3O_4$ . . . . | 3,65 | 0,97 | 1,71 | 0,372 | 0,821 | 1,568 | 1,518 | 3,749 |
| CaO . . . . . | 1,48 | 1,11 | 2,16 | 12,860 | 1,862 | 2,759 | 8,520 | 1,239 |
| MgO . . . . . | 1,55 | 0,37 | 1,53 | 2,354 | 4,428 | 1,386 | 6,451 | 7,533 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,49 | 2,31 | 4,38 | 0,401 | 1,039 | 0,448 | 2,996 | 1,993 |
| $Na_2O$ . . . . . | 1,15 | 0,83 | 3,10 | 4,600 | 3,126 | 0,929 | 5,798 | 1,880 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 1,58 | 1,21 | 1,22 | 4,229 | 1,320 | 5,675 | 3,092 | 4,160 |
| $SO_3$ . . . . . | — | — | — | 1,919 | следы | 0,174 | следы | 0,172 |
| $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ | 3,6 | 3,5 | 2,3 | 5,1 | 3,4 | 4,2 | 3,3 | 3,0 |
| $\frac{SiO_2}{Al_2O_2}$ | 6,3 | 6,3 | 5,2 | 7,3 | 4,4 | 6,0 | 3,9 | 4,2 |

чернозем (пахотная почва), гор. 10—20 стм.; V тоже, подпочва 105—115 стм.; VI оподзоленная почва на дилювии (пахотная); гор. 10 20 стм.; VII оподзоленная почва на гнейсе (пахотная), гор. 10 — 20 стм.; VIII лесная суглинистая оподзоленная почва, гор. 3—17 стм.

В приведенных данных обращает на себя внимание очень большое содержание железа в коллоидальной части первых трех образцов (особенно 3-его — 27,75%); причем в первом образце, деградированном черноземе, окиси железа 17,68%, а в другом образце деградированного чернозема (№ IV) ее всего 8,36% (примерно столько же, как по нашим данным, см. ниже, в наших черноземах). Отмечу далее, что из трех образцов оподзоленных почв (верхние горизонты) в двух содержание железа тоже чрезвычайно высокое (в № VI $Fe_2O_3$—11,0, а в № VIII—12,3%), между тем это, по всей вероятности, элювиальные горизонты.

Молекулярные отношения $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ и к $Al_2O_3$, как видно из табл., для исследованных образцов колеблются очень сильно первое от 3,0 до 5,1, а второе от 3,9 до 7,3.

В статье приводятся данные воздействия на коллоидальную часть некоторых из исследованных образцов 10-ти процентной солянокислой вытяжки.

На основании полученных результатов авторы приходят к выводу, что основой коллоидальной части почвы является алюмосиликатная кислота, соединенная (не в смысле абсолютно химическом) в неустойчивые соединения с органическими веществами, которые фиксируют другие вещества.

В последнее время, благодаря работам сотрудника Мичиганской Опытной Станции, G. J. Bouyoucos, в Америке заинтересовались определением той теплоты, которая выделяется при смачивании сухой почвы водой. На эту величину „теплоты смачивания" почвы, открытой Вильгельми, обратил уже очень давно внимание A. Mitscherlich (см. его диссертацию „Beurteilung der physik. Eigenschaften des Ackerbodens mit Hilfe seiner Benetzungswärme, Kiel, 1898; реф. в Ж. Оп. Агр. Т. 1, 1900 г., стр. 327) и усовершенствовал методику ее определения.

Bouyoucos [1]) нашел, что теплота смачивания находится в определенном соотношении с количеством связанной воды в почве: обе эти величины изменяются параллельно почти во всех исследованных им почвах; вместе с тем обе они находятся в связи с количеством коллоидов в почве.

В настоящее время величину теплоты смачивания стремятся использовать для изучения коллоидов почвы.

Исследования Anderson'a [2]) показали, что коллоидальные вещества, выделенные (неполностью) из различных почв, обладают очень неодинаковой теплотой смачивания; кроме того, как видно из прилагаемой таблицы, между теплотой смачивания коллоидов почвы и самих почв нет какого-либо параллелизма и у некоторых почв теплота их смачивания выше, чем теплота смачивания коллоидов других почв. Теплота смачивания определялась по Patrick'y и Grimm'y [3]).

| ПОЧВА. | Теплота смачивания 1 гр. | |
|---|---|---|
| | коллоидов, калории | почвы, калории |
| 1. Тяжелая сугл. подпочва Cecil . . . . . | 4,5 | 1,6 |
| 2. Легко сугл. подпочва Norfolk . . . . . | 6,0 | 1,5 |
| 3. Суглинистая почва Chester . . . . . | 7,2 | 1,1 |
| 4. Средне-суглинистая подпочва Sassafras . . . . . | 9,8 | 2,2 |

[1]) *G. J. Bouyoucos.* Relationschip between the Unfree Water and Heat of Wetting of Soils and its Significance. Techn. Bul. № 42, Michigan Exp. Station, 1918 г.

[2]) *M. S. Anderson.* The Heat of Wetting of Soil Colloids. J. of Agric. Research, V. 28, 1924, № 9, стр. 927.

[3]) *W. A. Patrick* and *F. V. Grimm.* Heat of Wetting of Silica Gel. J. Amer. Chem. Soc. V. 43, 1924. стр. 2144.

| ПОЧВА. | Теплота смачивания 1 гр. | |
|---|---|---|
| | коллоидов, калории. | почвы, калории. |
| 5. Тяжелая сугл. подпочва Miami . . . . . | 11,8 | 6,4 |
| 6. Суглинистая почва Marshall . . . . . | 14,2 | 4,3 |
| 7. Глинистая почва Sharkey . . . . . | 16,3 | 9,6 |
| 8. Средне-суглинистая почва Wabash . . . . . | 17,6 | 5,2 |

Таким образом теплота смачивания различных почв не может служить показателем относительного содержания коллоидов в этих почвах. Но если выделить из почвы только часть коллоидальных веществ, то на основании величин теплоты смачивания этих коллоидов и всей почвы можно приблизительно судить о количестве всей коллоидальдальной фракции в почве. Anderson дает для этого вычисления формулу:

$$\frac{\text{теплота смачивания 1 гр. почвы}}{\text{теплота смачивания 1 гр. коллоидов}} \times 100$$

т. е. совершенно аналогичную формуле, предложенной Gile с сотрудниками для вычисления общего количества коллоидальной фракции почвы по величине поглощения всей почвою и частью выделенных коллоидов [1]).

Насколько эти способы дают согласные между собой результаты, видно из нижеследующей таблицы, приводимой Anderson'ом в выше цитированной работе (почвенные образцы те же, что в предшествующей таблице):

| ПОЧВА | Процентное содержание коллоидов в почве по вычислению на основании | | | |
|---|---|---|---|---|
| | теплоты смачивания выделенной части коллоидов и почвы. | поглощения выделенной частью коллоидов и почвою | | |
| | | Краски | $H_2O$ | $NH_3$ |
| 1 . . . . . | 35,6 | 25,4 | 31,5 | 26,0 |
| 2 . . . . . | 25,0 | 23,7 | 20,5 | 18,6 |
| 3 . . . . . | 15,3 | 11,0 | 8,5 | 16,7 |
| 4 . . . . . | 22,5 | 13,2 | 18,9 | 21,8 |
| 5 . . . . . | 54,2 | 54,8 | 50,1 | 54,2 |
| 6 . . . . . | 30,3 | 26,3 | 27,3 | 33,6 |
| 7 . . . . . | 58,8 | 56,6 | 61,2 | 58,8 |
| 8 . . . . . | 29,5 | 29,4 | 29,8 | 34,5 |

[1]) *P. L. Gile, H. E. Middleton, W. O. Robinson, W. H. Fry and M. S. Anderson.* Estimation of Colloidal Material in Soils by Adsorption. Bull. № 1193, 1924. U. S. Depart of Agric.

В этой же работе имеется сравнение количества коллоидальных веществ для трех почвенных образцов, полученного по вычислению на основании теплоты смачивания выделенной части коллоидов и всей почвы, с действительным их количеством, найденным посредством почти полного выделения их из почвы. Вот эти данные.

| Почва. | Теплота смачивания. | | % содержание коллоидов. | | | Истинное содержание коллоидов в почве, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 гр. почвы, калории. | 1 гр. выделенных коллоидов, калории. | Вычисленное по теплоте смачивания. | Выделенных из почвы. | Оставшихся невыделенными из почвы. | |
| Глинистая почва . | 9,5 | 11,6 | 89,1 | 53 | 17 | 70 |
| „ подпочва | 10,8 | 10,5 | 102,0 | 66 | 10 | 76 |
| Суглинист. „ | 2,2 | 5,3 | 41,5 | 16 | 2 | 18 |

Из приведенных данных видно, что теплота смачивания коллоидов, выделенных из различных почв, может колебаться в широких пределах; очень различна она и у искусственно приготовленных гидрогелей; так по Bouyoucos'y [1]) теплота смачивания 1 гр. гидрата окиси алюминия 21,95 кал., 1 гр. гидрата окиси железа 9,39 гр. и 1 гр. геля $SiO_2$—24,5.

Различие в теплоте смачивания различных коллоидов в первую очередь обусловливается, конечно, степенью их дисперсности и физическим их состоянием, под которым я в данном случае понимаю степень связности отдельных коллоидальных частиц между собой и с механическими элементами других фракций.

Затем эта величина, несомненно, находится в связи и с химическим составом коллоидальной части почвы; вопрос здесь лишь в том, влияет-ли в данном случае химический состав коллоидальной частички непосредственно, или же влияет он тем, что разного состава коллоидальные частички почвы имеют вследствие этого и разную степень дисперсности. Так, напр., органические вещества почвы имеют очень высокую теплоту смачивания (по данным Bouyoucos'a у торфа — 21,71, у навоза 37,51 кал. на 1 гр.); вопрос теперь в том, не потому-ли у них большая теплота смачивания, что степень их дисперсности (что обусловливается их химическим составом) очень высока; и не будут-ли иметь и минеральные коллоиды с такой же высокой степенью дисперсности такую же величину смачивания.

В ранее приведенных работах по изучению состава коллоидов почвы мы уже приводили данные соотношения этого состава с вели-

---

[1]) *G. J. Bouyoucos.* The Chief Factors which Influence the Heat of Wetting of Soil Colloids. Soil Sc. V. XIX, 1925, стр. 477.

чиной теплоты смачивания коллоидальной части почвы. Теперь мы еще остановимся на данных Pate [1]).

Он исследовал теплоту смачивания коллоидальной части почвы, насыщенной различными катионами. Во всех случаях коллоиды, насыщенные одновалентными основаниями (Na, $NH_4$, K), имели меньшую теплоту смачивания, чем насыщенные Ca, Ba и Mg, а также водородом. Результат несколько странный. Может быть он объясняется тем, что избыток солей после насыщения удалялся автором просто промыванием почвы водой, а не диализом; а при этом, конечно, из почв, насыщенных Na, K и $NH_4$, должна была вымыться наиболее дисперсная и наиболее деятельная часть органических коллоидов.

В этой же работе автор сопоставляет молекулярное отношение $SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3$ в коллоидальной части, выделенной сотрудниками Bureau of Soils S. U. A. (см. табл. III), с различными свойствами и в том числе с теплотой смачивания. Данные эти мы приведем в нижеследующей таблице (нумерация почв, из которых выделены были коллоиды, та же, что в табл. III), в качестве материала по вопросу об этой зависимости, так как, по нашему мнению, сам этот вопрос в такой постановке, какая ему сейчас придана, может быть разрешен лишь статистическим методом.

| № почвы, из которой получена коллоидальная часть. | Молекуляр. отношение $SiO_2$ к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ в коллоидах. | Теплота смачивания коллоидальной части, калории. | Поглощение красок, % | Поглощение аммиака, % | Поглощение воды % |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1,20 | 4,5 | 15,82 | 1,92 | 28,70 |
| 7 | 1,77 | 7,2 | 13,48 | 2,93 | 23,98 |
| 28 | 1,84 | 6,0 | 11,58 | 2,95 | 27,55 |
| 34 | 1,89 | 9,8 | 21,88 | 3,40 | 30,97 |
| 26 | 2,66 | 11,8 | 20,96 | 3,58 | 30,75 |
| 23 | 2,82 | 14,2 | 29,78 | 5,36 | 29,40 |
| 36 | 3,07 | 16,3 | 37,57 | 5,09 | 30,80 |
| 43 | 3,16 | 18,6 | 36,98 | 6,14 | 33,25 |

В выше цитированной работе Д. В. Иванова приводится элементарный состав минеральной части поглощающего почвенного комплекса четырех образцов чернозема Воронежской губ. Коллоидальная

[1]) *W. W. Pate.* The Influence of the Amount and Nature of the Replaceable Base upon the Heat of Wetting of Soils and Soil Colloids. Soil Sc. Vol. XX, 1925, стр. 329.

часть выделялась из почвы, предварительно насыщенной натрием; комплекс был, повидимому, выделен целиком и при том разбит на две фракции: от 0,00025 и до 0,0001 мм. и меньше 0,0001 мм. Кроме того, дается состав неколлоид. фракции 0,001 — 0,00025 мм. Так как все четыре образца мало отличаются по составу их поглощающего комплекса, мы в таблице VIII приведем данные только для одного образца из Каменной Степи с залежи (глубина взятых образцов не указана).

Таблица VIII.

*Элементарный состав минеральной части поглощающего комплекса из чернозема Каменной степи Воронежской губ. из под залежи, по Д. В. Иванову.*

| Фракция мм. | Общее количество фракции в %% от. веса почвы. | Гумус в % от. веса фракции. | Хим. связанная вода в % от. веса фракции. | Минеральная часть поглощающего комплекса в % от. веса почвы. | Состав минеральной части фракции в % от ее веса. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe\ O_3$ | CaO | MgO | Na O |
| 0,0001 — 0,0 . . . | 14,39 | 4 | 11,77 | 9,15 | 31,11 | 14,20 | 4,52 | 22,61 | 13,51 | 14,25 |
| 0,0001 — 0,00025 . | 17,73 | 4,53 | 11,77 | 14,81 | 54,75 | 24,36 | 11,61 | 0,68 | 3,74 | 4,64 |
| 0,00025 — 0,001 . | — | — | — | — | 60,02 | 22,17 | 9,04 | 0,45 | 4,60 | — |

В данных, приведенных в табл. VIII, обращает на себя внимание и не поддается объяснению колоссальное содержание оснований, кальция, магния и натрия в коллоидальной фракции мельче 0,0001 мм. и полное отсутствие, как в ней, так и в следующей более крупной фракции коллоидального комплекса калия. Если высчитать, напр., по процентному содержанию CaO в минеральной части фракции 0,0001 — 0,0 мм. поглощающего комплекса абсолютное содержание CaO в этой фракции, то получим величину 2,47 гр., т. е. если принять во внимание только кальций этой фракции поглощающего комплекса, то в почве будем иметь 2,47% CaO, т. е. почти что максимальное процентное содержание кальция в черноземах; значит, на долю остальных механических фракций почти вовсе не приходится кальция, т. е. все фракции почвы крупнее 0,0001 мм. почти вовсе лишены этого элемента; по данным анализа автора это действительно и имеет место уже даже для фракций 0,00025—0,0001 и 0,00025—0,001 мм., в которых CaO всего лишь около 0,5%; тоже примерно получится и для магния и натрия, если взять сумму коллоидальных фракций: на долю неколлоидальной части

почвы придется тогда очень мало и того и другого элемента. Для нас это непонятно, так как противоречит имеющимся данным по содержанию различных элементов в механических фракциях почвы. В статье своей Д. В. Иванов не приводит валового анализа самой почвы; быть может валовой состав почвы помог бы разобраться в этом вопросе. Если в приведенных данных нет какой нибудь случайности, то на основании их приходится притти к такому заключению, что различные фракции минеральной части поглощающего почвенного комплекса могут различаться между собою чрезвычайно сильно по их элементарному составу; если это так, то можно еще с большим основанием возлагать надежды на то, что с помощью дробного фракционного анализа почвенного поглощающего комплекса удастся подойти к вопросу о составе его соединений.

Если, отбросив основание, вычислить процентное содержание кремнекислоты, окиси алюминия и окиси железа от общей их суммы, то мы получим:

| Фракции. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| Фракция 0,0001—0,0 мм. . . . . | 62,6 | 28,4 | 9,0 |
| „ 0,00025—0,0001 мм. . . . . | 60,4 | 26,8 | 12,8 |

т.-е. что чрезвычайно сильное различие в элементарном составе выше приведенных двух фракций поглощающего комплекса почвы, исследованной Д. В. Ивановым, обусловливается главным образом различным содержанием в этих фракциях кальция, магния и натрия, остальная же, основная часть минерального поглощающего комплекса примерно одного и того же состава; больше всего разница в содержании железа, которого в более мелкой части комплекса оказалось на одну четверть меньше, чем в более крупной.

На основании валового анализа Д. В. Иванов делает попытку подойти к вопросу о минералогическом составе фракций 0,00025—0,0001 мм. и меньше 0,0001 ми. Останавливаться на этой части работы мы здесь не будем, так как выводы автора недостаточно обоснованы; в этой области нет еще достаточных данных для научного обоснования каких либо положений, и подобные попытки мы считаем преждевременными, а создаваемые в этом направлении гипотезы вовсе не помогающими дальнейшему развитию вопроса.

Перехожу теперь к своим данным. В таб. IX привожу элементарный состав выделенного мною нацело поглощающего комплекса двух образцов почв: гор. 90 – 110 слитого тяжелого чернозема Кубанской обл. (колл. проф. С. А. Яковлева) и гор. 0—20 суглинистого чернозема Тульской губ. Оба образца сначала полностью насыщались натрием (обработка хлористым натром), диализировались до полного

удаления хлоридов и отмучивались для выделения частиц меньше 0,00025 мил. при высоте сливаемой жидкости в 8 стм. и при 21 дневном стоянии; время от времени отстоявшаяся часть почвы растиралась в мокром состоянии перед новым взмучиванием каучуковым пестиком. В обоих случаях мы, значит, получали поглощающий комплекс, насыщенный натрием. Поэтому в элементарном составе натрия мы получили много, и он по количеству преобладает над всеми остальными основаниями. Кальция, наоборот, для обоих образцов мы получили сравнительно очень мало, так как в первоначальном поглощающем комплексе он являлся главным поглощенным основанием и поэтому, именно, он главным образом и был вытеснен натрием; в Тульском черноземе поглощающий комплекс содержит больше кальция, чем в Кубанском, так как последний вообще беднее кальцием и в частности поглощенным (в таб. XII, на стр. 65 я привожу состав поглощенных катионов Тульского чернозема; на стр. 47 даю состав поглощенных катионов, вытесненных обработкой 1,0 норм. раствором NaCl из другого образца Кубанского чернозема, более глинистого, но вытесненных не до конца; об этом будет еще сказано ниже, стр. 46).

Поглощающий комплекс в исследованном образце Кубанского чернозема оказался

Таблица IX.

*Элементарный состав алюмосиликатного поглощающего комплекса (комплекс частиц меньше 0,00025 м.м.), по автору.*

| Почва и горизонт | Общее количество поглощающего комплекса в % от всей почвы | Количество органического поглощающего комплекса в % от всей почвы | Количество минерального поглощающего комплекса в % от всей почвы | Гигроскопическая вода | Химически связанная вода | Гумус [1]) | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тяжелый чернозем Кубанской обл.; гор. 90—110 стм. . . . . | 35,4 | 1,13 | 34,27 | 10,86 | 9,31 | 3,20 | 47,75 | 22,29 | 8,26 | 0,468 | 1,853 | 1,314 | 3,472 |
| Суглинистый чернозем Тульской губ.; гор. 0—20 стм. . . . . | 28.8 | 2,92 | 25,88 | 11,60 | 13,61 | 10,14 | 39,32 | 17,29 | 8,18 | 0,771 | 2.088 | 1,070 | 6,333 |

[1]) Цифры гумуса получены А. А. Роде, остальные автором.

равным 35,4% от веса сухой почвы, в Тульском черноземе 28,8%. Отметим, что из первоначальных почв (ненасыщенных натрием) мы выделили поглощающего комплекса всего: из первой почвы 9,7%, из второй — 4,3% от веса почвы; при чем механический анализ производился чрезвычайно долго, с частым растиранием остатка почвы каучуковым пестиком (аммиака не прибавлялось); все время жидкость после каждого 21 дневного отстаивания бывала слабо мутной; анализ пришлось прекратить, так и не дождавшись получения вполне прозрачного отстаивания. В поглощающем комплексе было найдено органической части: из Кубанского чернозема 3,20% от веса всего комплекса, или 1,13% от веса почвы; из Тульского чернозема соответственно 10,14% и 2,92%. Органическая часть поглощающего комплекса определялась сжиганием ее в навеске выделенного комплекса по методу Кнопа. Можно определенно утверждать, что коэффициент перевода в гумус получаемой при сжигании углекислоты не соответствует истинному составу гуматной части; он, очевидно, слишком низок для нее. Определение этой части сжиганием марганцевокислым калием по количеству израсходованного кислорода для поглощающего комплекса Тульского чернозема дало значительно более высокую цифру, а именно 18,2% от веса комплекса и 5,5% от веса всей почвы.

Обращает на себя внимание большая величина гигроскопической и химически связанной воды в поглощающем комплексе обеих почв, при чем у Тульского чернозема обе эти величины выше, чем у Кубанского, особенно химически связанная вода. Интересно эти данные сопоставить с величинами алюмосиликатной и гуматной частей этих двух поглощающих комплексов. У почвы Кубанской в исследованном горизонте органический поглощающий комплекс составляет всего лишь 3,20% от общего комплекса, в верхнем же горизонте Тульского чернозема его 10 слишком процентов; очевидно, большую величину гигроскопической и химически связанной воды в поглощающем комплексе Тульского чернозема надо в первую очередь отнести на более высокое содержание в нем органических соединений, которые во всяком случае обладают значительно более высокой степенью дисперсности, нежели минеральная часть поглощающего комплекса. Возможно, конечно, что и по дисперсности алюмосиликатной части поглощающего комплекса наши две почвы неодинаковы; но для суждения об этом у нас данных нет, а в рассматриваемом отношении эта неодинаковость могла иметь лишь второстепенное значение.

Из дальнейших следствий, вытекающих из данных таб. IX, отметим низкое процентное содержание $SiO_2$ и высокое процентное содержание полуторных окислов в поглощающем комплексе по сравнению со всей почвой; так (по перечислению на массу сухую, безгумусную и лишенную химически-связанной воды) в поглощающем почвенном комплексе Кубанской почвы около 54% $SiO_2$ и 35% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, тогда

как в первоначальной почве около 67% $SiO_2$ и 26% полуторных окислов; для Тульского чернозема имеем соответственно около 51% $SiO_2$ и 33% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (поглощ. комплекс) и около 62% $SiO_2$ и 17% полуторных окислов (перв. почва); т.-е. в отношении по крайней мере всей совокупности ультрамеханических фракций справедлива та общая законность, которая имеет место для всех прочих механических фракций почвы: чем мельче фракция, тем меньше в ней валовое содержание кремнекислоты и тем больше содержание полуторных окислов. Обращает на себя в приведенных цифрах внимание близость содержания $SiO_2$, так же как и содержание полуторных окислов, в поглощающем комплексе обеих почв; в этом отношении поглощающие комплексы значительно меньше различаются, чем сами почвы.

Не буду останавливаться над выводом различных соотношений между содержанием элементов, составляющих поглощающий комплекс; это имеет смысл лишь при массовых данных; укажу только, что для обеих почв отношение молекулярного содержания $SiO_2$ к таковому суммы полуторных окислов в их поглощающих комплексах оказалось совершенно совпадающим, а именно оно равно 2,97. Случайное ли это совпадение или нет, сказать на основании исследования всего лишь двух черноземных почв, конечно, не представляется возможным.

Обращаюсь теперь к таб. X, в которой я привожу данные по действию на поглощающий комплекс обеих исследованных почв соляной кислоты при нагревании (½ часовое кипение с 20%-ой соляной кислотой; метод, который для почв дает почти те же результаты, что и 10% соляно-кислая вытяжка при 10-ти часовом нагревании на кипящей водяной бане).

Таблица X.

*Растворимость поглощающего комплекса в соляной кислоте (20%-ая, ½ часа кипячения), по автору.*

| Почва и горизонты | $SiO_2$, извлекаемая HCl и KOH | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO |
|---|---|---|---|---|---|
| Кубанский чернозем, гор. 90—110 стм. | 41,7 | 16,03 | 8,21 | 0,452 | 1,784 |
| Тульский чернозем, гор. 0—20 стм. | 36,8 | 14,01 | 8,10 | 0,775 | 2,020 |

При означенном способе обработки соляная кислота извлекает из поглощающего комплекса весь кальций и магний (определение растворимости в соляной кислоте щелочей не было произведено), все железо, 72% $Al_2O_3$ из Кубанского чернозема и 81% окиси алюминия

из Тульского чернозема, а 5% едкий кали (при ½ часовом кипячении) из остатка после соляно-кислой вытяжки извлек 87% $SiO_2$ из Кубанского чернозема и 94% $SiO_2$ из Тульского чернозема. Таким образом почвенный поглощающий комплекс почти нацело разлагается 20%-ой соляной кислотой уже при кипячении только в течение получаса, при чем эта кислота извлекает целиком и тот кальций и магний, которые к обмену не способны; значит кислота эта совершенно разрушает коллоидальные частички комплекса, извлекая из них и тот кальций и магний, которые находятся в молекулах, расположенных внутри этих частичек. Это обстоятельство дает основание предполагать, что полное извлечение алюминия соляной кислотой и кремния щелочной вытяжкой, т. е. полное разрушение поглощающего почвенного комплекса, может быть достигнуто повторной обработкой комплекса соляной кислотой.

Приведу еще свои данные исследования коллоидальной части Кубанского чернозема, слоя 80—100 стм., полученные мною в опыте, описанном в моей статье „Ультрамеханический состав почвы...“ (Ж. Оп. Агр., т. XXII, стр. 37). 20 гр. этой почвы было частично (тремя последовательными обработками 1,0 норм. хлористым натрием) насыщено натрием, а затем взмучено в большом стеклянном цилиндре с 5,4 литрами воды, высота которой равнялась 52 см. Цилиндр был оставлен в покое на 1 год; после чего из него были взяты пробы мутной жидкости, как описано в вышеуказанной статье, а затем вся оставшаяся в цилиндре мутная жидкость была слита сифоном и поступила в анализ так же, как и отстоявшаяся часть почвы. Количество неосевших частиц (с учетом того, что было взято из жидкости в предшествовавшем сливанию опыте) оказалось равным 45,3%, а осевших 54,7%. Отметим, что учет неосевших частиц применявшимся в выше названной статье методом взятия определенных объемов из различных глубин столба мутной жидкости дал нам цифру для содержания взвешенных частиц—42,5%; если принять во внимание, что в этом случае не учитывалось количество взвеси в самом нижнем слое столба, то нужно признать, что оба метода, т. е. непосредственное взвешивание всего количества неосевших частиц и определение веса их только в определенном послойном объеме—дают почти тождественные результаты. Данные валового анализа коллоидальной части (частицы диаметра меньше 0,13 микрона), осевшей части почвы (эта часть содержала всю неколлоидальную часть почвы плюс те коллоидальные частички, которые успели за время опыта осесть на дно сосуда) и первоначальной неразделенной на фракции почвы приводим в таб. XI. В этой же таб., на основании данных анализа коллоидальной и неколлоидальной фракций и относительного содержания этих фракций в почве, приводим валовое содержание (вычисленное) различных элементов во всей почве, частично насыщенной натрием.

Таблица XI.

*Валовой анализ Кубанского чернозема, горизонт 80—100, по автору.*

| | $SiO_2$ | $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | CaO | MgO | K O | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Почва первоначальная . | 63,520 | 24,820 | 1,122 | 1,688 | 1,434 | 0,655 |
| 2. Коллоидальная ее часть . | 46,070 | 34,700 | 0,206 | 1,922 | 1,701 | 3,170 |
| 3. Неколлоидальная ее „ . | 76,500 | 14,710 | 0,329 | 1,039 | 1,425 | 1,023 |
| 4. Вся почва, насыщенная натрием, по вычислению из 2 и 3 . . . . . | 62,612 | 23,765 | 0,273 | 1,393 | 1,499 | 2,095 |

В почве, насыщенной натрием, найдено 0,273% CaO вместо 1,122% почвы первоначальной, т. е. из первоначальной почвы вытеснено было 0,849% CaO, что эквивалентно 0,940% $Na_2O$. В почве, насыщенной натрием, найдено 1,393% MgO, а в первоначальной его было 1,688, т. е. вытеснилось 0,285% MgO, что эквивалентно 0,441% $Na_2O$. Количество калия и в первоначальной и в насыщенной натрием почве осталось без изменения. Сумма вытесненных оснований (кальция и магния), выраженная в $Na_2O$ составляет 1,381%. Сравнивая содержание натрия в первоначальной почве и после ее насыщения натрием, находим, что в действительности наша почва при трехкратной обработке 1,0 норм. раствором NaCl поглотила 1,440% $Na_2O$,—цифра, почти совсем совпадающая с количеством $Na_2O$, вычисленного по потере первоначальной почвой кальция и магния (1,381%). Непосредственное определение вытесненных при этой обработке кальция и магния дало такие результаты: CaO было вытеснено 0,861%, MgO—0,273%; данные очень близкие с вычисленными по валовому анализу.

Из приведенной таблицы видно, что коллоидальная часть почвы значительно беднее кремнекислотой и значительно богаче полуторными окислами, нежели неколлоидальная часть.

### 3. Физическое состояние почвенного поглощающего комплекса.

Как указывалось выше, почвенный поглощающий комплекс, как совокупность сложных в воде нерастворимых органических и минеральных соединений почвы, обладающих резко выраженной обменной способностью, наиболее правильно, повидимому, отождествлять с коллоидально раздробленной частью почвы, т. е. с совокупностью тех почвенных частичек, размеры которых лежат ниже примерно 0,25 микрона; точной границы само собой быть не может, так как и для различных свойств коллоидально распыленного вещества она не одинакова и все свойства почвы меняются с уменьшением степени раздробления не скачками, а непрерывно; указанная граница поэтому чисто условна.

Если бы все первичные коллоидальные частички во всех почвах были бы всегда самостоятельны, в раздельном состоянии, как, напр., отдельные песчинки в довольно крупнозернистом песке, то все свойства почвы определялись бы количественным соотношением между отдельными механическими и ультрамеханическими фракциями почв. Но этого нет. Чем почвенная частичка меньше, чем она ближе к молекулярным размерам, тем все большую и большую роль начинают играть ее молекулярные силы притяжения, тем все больше и больше ее воздействие на другие почвенные частички. И здесь опять, повидимому, осязательно для нас это молекулярное воздействие одной частички на другие почвенные частички начинает проявляться тогда, когда размеры этой почвенной частицы понижаются до коллоидального раздробления. Поэтому наибольшее проявление всех свойств, вытекающих из взаимного молекулярного притяжения, должно иметь место между коллоидальными частицами почвы; выделенный из почвы коллоидальный ее комплекс в этом отношении резко отличается от выделенной из почвы, напр., какой либо фракции песка; во втором случае мы имеем собрание отдельных частиц, не оказывающих друг на друга сколько нибудь заметного влияния; в поглощающем же комплексе составляющие его отдельные частицы взаимно связаны между собою в той или другой степени в зависимости от степени их дисперсности и химического состава. Конечно, и это свойство почвенных механических фракций—степень взаимного влияния составлящих фракцию частичек друг на друга или, обратно, степень независимости их частичек одна от другой, изменяется в этих фракциях постепенно вместе с постепенным изменением величины их диаметра; но резко и наглядно свойства, обусловленные взаимодействием, проявляются у коллоидальной части почвы; наоборот, свойства, обусловленные отсутствием взаимодействия между частицами мы видим во фракциях песка и, повидимому, во фракциях крупной и средней пыли; промежуточное положение занимают фракции мелкой пыли и крупная фракция ила с диаметром от одного до четверти микрона. Но молекулярные силы притяжения частиц коллоидальной фракции сказываются не только между частицами этой фракции, но и между частицами ее и частицами более крупных фракций. Поэтому частицы поглощающего комплекса будут находиться, с одной стороны, в более или менее тесной связи между собой, а с другой стороны, также связанными с частицами более крупных фракций.

Недавно Bouyoucos [1]) сделал попытку экспериментально подойти к разрешению вопроса о состоянии коллоидальных веществ в почве с целью, именно, доказать, неправильность старого представления, что коллоидальные частички в почве целиком находятся

---

[1]) *G. J. Bouyoucos.* Do Colloids Exist as a Coating around the Soil Grains. Soil Sc. Vol. XXI, 1926, стр. 481.

в состоянии, обволакивающем более крупные механические элементы (представление вполне естественное для того времени, когда предполагалось, что коллоидально раздробленных веществ в почве очень мало). Для этого он исследовал состояние поверхности крупных механических элементов в разных почвах и определял теплоту смачивания почвы, прошедшей через мелкое сито и оставшейся на этом сите. В результате этих исследований он пришел к выводу, что коллоидальные вещества почвы не только находятся на поверхности крупных элементов, но существуют и независимо от них.

Должно отметить, что вопрос этот настолько ясен, что применение таких косвенных методов для его уточнения, как определение теплоты смачивания, результаты которых сами по себе нуждаются в довольно сложных и недостаточно убедительных толкованиях, едва ли целесообразно.

Благодаря существованию молекулярного притяжения у коллоидальных частиц почвы, почвенный поглощающий комплекс в сухой почве никогда не может быть в виде отдельных первичных коллоидальных частиц; в сухой почве нет таких самостоятельных отдельных частиц; мы будем иметь там большей или меньшей величины аггрегаты коллоидальных частиц, вторичные коллоидальные частички, склеенные между собой с той или иной прочностью; затем мы будем иметь аггрегаты частиц более крупных механических фракций, склеенных между собой коллоидальными частицами почвы, и будем, наконец, иметь первичные или вторичные коллоидальные частицы, с той или иной прочностью приклеившиеся к поверхности частиц крупных механических фракций. Прочность указанных связей, величина получающихся аггрегатов, отношение к распыляющему действию воды—все это будет находиться в зависимости от степени дисперсности первичных частиц поглощающего комплекса; чем выше эта дисперсность, тем больше будет прочность связей, больше будет величина почвенных аггрегатов, больше будет их сопротивляемость разрушающему действию воды [1]). С другой стороны, ясно, что указанные свойства почвы будут зависеть и от общего количества коллоидальных веществ в почве и от соотношения между количествами различных ультрамеханических фракций почвенного поглощающего комплекса. А так как и общее количество поглощающего комплекса, и степень дисперсности его первичных частиц, и количественное соотношение между фракциями этих частиц различной степени дисперсности в различных почвах может быть очень разнообразно, то, очевидно, физическое состояние этой части будет в различных почвах неодинаково и может варьировать в очень широких пределах даже при всех прочих одинаковых условиях.

[1]) Я думаю, что нарастание всех этих свойств с увеличением степени дисперсности первичных коллоидальных частиц почв имеет свой предел, максимум; после чего с дальнейшим приближением размеров коллоидальных частиц к размерам молекул должно наблюдаться уже затухание означенных проявлений.

Но есть еще одно обстоятельство, благодаря которому физическое состояние коллоидального комплекса может быть неодинаковым в почвах, где его величина, степень дисперсности первичных частичек и количественное соотношение между их фракциями, совершенно одинаковы. Это состав поглощенных катионов коллоидального комплекса почвы. Физические свойства почвенного поглощающего комплекса будут резко различны, смотря по тому насыщают ли его катионы щелочных металлов или катионы щелочно-земельных металлов, железа и алюминия [1]). В состоянии насыщения кальцием, магнием, железом или алюминием поглощающий комплекс представляет гидрофобный (лиофобный) коллоид, дающий с водой аморфную массу, почти неразбухающую и обладающую сравнительно малой влагоемкостью; тот же комплекс, насыщенный щелочными металлами (литием, натрием, аммонием и калием), в особенности же литием и натрием, должен быть уже отнесен к гидрофильным (лиофильным) коллоидам, так как он в этом состоянии в присутствии воды, как дисперсионной среды, представляет желатиноподобную массу, сильно набухающую и содержащую большие количества воды (нам приходилось иметь дело с такими почвенными образованиями, которые содержали до 1000 весовых процентов воды). Переводя коллоидальную часть почвы из состояния, насыщенного кальцием и магнием, в состояние, насыщенное, напр., литием или натрием, мы ее вместе с тем переводим из аморфного в желатинообразное состояние, и обратно; процесс этот таким образом вполне обратимый.

Соответственно с двумя вышеуказанными возможными состояниями почвенного поглощающего комплекса и сами почвы в зависимости от того, в каком из этих состояний находится их поглощающий комплекс, будут в присутствии воды представлять малонабухшее аморфное тело или же массу, более или менее желатинообразную в зависимости от процентного содержания в них этого комплекса.

Такая зависимость физического состояния почвенного поглощающего комплекса от рода катиона его насыщающего, теснейшим образом связана с свертывающей силой различных катионов; как известно [2]),

[1]) При рассмотрении этой зависимости мы будем всюду иметь ввиду поглощающие комплексы и почвы, не содержащие простых солей.

[2]) *К. Гедройц.* Действие электролитов на илистые суспензии (Сообщение XXIV из Бюро по Земл. и Почв. Уч. Ком. М-ва Земл., 1915 г.).

*G. Gallay,* Contribution à l'étude de la coagulation de l'argile (Lausanne 1924).

*L. E. Mattson,* Die Beziehungen zwischen Ausflockung, Adsorption und Teilchenladung mit besonderer Berücksichtigung der Hydroxylionen (Kolloidchem. Beihefte, Bd. XIV, 1922 H. 9—12).

*G. Wiegner.* Dispersität und Bastenaustausch. Actes de la IV Conférence Internat. de Pedologie, 12—19 Mai 1924. Rome, 1926, стр. 390.

*P. Tuorila.* Ueber die rasche und langsame Koagulation von polydispersen Systemen (Kolloidchem. Beihefte, Bd XXII, 1926, H. 6—12).

*H. Müller.* Die Theorie der Koagulation polydisperser Systeme (Kolloid.-Ztschr., Bd. XXXVIII, 1926, H. 1).

катионы, имеющие значение в почвенном растворе, по величине их свертывающей способности располагаются так:

$$Li < Na < NH_4 < K < Mg < Ca < Al < Fe.$$

Слой жидкости вокруг каждой коллоидальной почвенной частички должен, вследствие обменной реакции с водородным ионом воды, содержать гидрат окиси того катиона, которым насыщена эта частичка; таким образом влага, содержащаяся в почвенном поглощающем комплексе, если он выделен из почвы, или в самой почве с поглощающим комплексом, будет содержать всегда растворенные электролиты, а именно, гидраты окисей насыщающих катионов, которые, согласно законам коагуляции, будут действовать на коллоидальный комплекс: катион будет свертывать, анион (гидроксил) будет препятствовать свертыванию, будет поддерживать коллоиды в распыленном состоянии; а так как это стабилизирующее действие гидроксильного иона сильнее, нежели свертывающее действие лития, натрия, аммония и калия и особенно, нежели лития и натрия, и, наоборот, слабее, нежели свертывающее действие магния, кальция и т. д., то в результате мы и имеем, именно, то влияние состава поглощенных катионов на физическое состояние поглощающего комплекса, а через него и на самую почву, о котором говорилось выше.

Водородный ион по своему свертывающему действию стоит между щелочными и щелочноземельными катионами, приближаясь в этом отношении к кальцию; но так как его концентрация по сравнению с концентрацией кальция даже в почвах, одинаково ими насыщенных, должна быть значительно ниже, чем кальция, то распыленность коллоидальных частичек в почвах, содержащих поглощенный водород, заметно выше, чем в почвах с поглощенными кальцием и магнием, но гораздо ниже, чем с поглощенным натрием.

Таким образом, распыляющее действие воды на почвенный поглощающий комплекс находится в непосредственной зависимости от рода катионов, насыщающих почву. В связи с этим и состояние сухой почвы должно быть не одинако при различном составе ее поглощенных катионов. В почвах, содержащих поглощенный натрий, первичные коллоидальные частички, будучи в присутствии воды в свободном состоянии и распределяясь равномерно по всей массе почвы, обладают большой клеющей способностью, проявляющейся при высыхании почвы, а потому они при высыхании склеивают почву в более или менее крупные отдельности, прочность и величина которых будет зависеть от общего количества коллоидального вещества, от степени насыщенности его натрием и от механического состава неколлоидальной части почвы. В почвах, насыщенных кальцием, мы будем иметь противоположный случай: здесь уже во влажном состоянии нет первичных коллоидальных частиц, имеются их аггрегаты, тесно связанные к тому же с частицами более крупных механических фракций; клеющая способность

коллоидального комплекса, поэтому, здесь уже израсходована в той или другой степени; и при высыхании почвы могут образовываться уже менее крупные и менее прочные структурные отдельности по сравнению с почвами, содержащими поглощенный натрий.

### 4. Устойчивость почвенного поглощающего комплекса в отношении разрушающего действия воды.

Это один из наиболее интересных и существенных вопросов, относящихся к поглощающему почвенному комплексу. Исходя из общих соображений о сложности состава этого комплекса и о неодинаковой устойчивости тех соединений, из которых он состоит, нужно сделать заключение, что в различных почвах, уже в силу различия в содержании органической и минеральной части и различия в составе тех соединений, из которых состоит та или другая из этих частей, разрушающее действие воды будет различное.

Но если считаться с величинами первого порядка, оставляя в стороне более мелкие различия, играющие второстепенную роль, то приходится сказать, что *устойчивость коллоидальной части почвы в отношении воды в первую очередь будет зависеть от степени ее дисперсности и от физического ее состояния.*

Если почвенный поглощающий комплекс под действием воды распыляется на первичные коллоидальные частички, то доступность его разрушительному влиянию воды должна быть больше, нежели в том случае, когда вода будет действовать на аггрегаты первичных частиц; поверхность взаимодействия при одном и том же общем количестве коллоидальной части в первом случае будет больше, чем во втором; и разница будет тем больше, чем крупнее коллоидальные аггрегаты; конечно, внутренняя поверхность первичных коллоидальных частиц в этих аггрегатах отчасти будет доступна воздействию воды; вода будет проникать в капиллярные промежутки между отдельными частицами аггрегата; но во-первых, вследствие сопротивления воздуха в узких капиллярах и вследствие их четочной формы возможно неполное заполнение этих капилляров водой; а во-вторых, что должно иметь здесь особое влияние, вода или почвенный раствор, попавшие в эти капилляры, так и будут оставаться здесь неопределенно продолжительное время, почти не обмениваясь местами с водой окружающих аггрегатов и водой межаггрегатных пространств; вследствие узости капиллярных ходов в этих аггрегатах и выход отсюда диффузией продуктов распада должен быть очень замедлен. Таким образом, если даже не принимать во внимание всех особых свойств воды находящейся тут под действием колоссальных сил, и особенностей реакций в этих условиях, придется признать, что внутри каждого аггрегата разрушающее и растворяющее действие воды должно быть заметно понижено по сравнению с поверхностным ее действием.

Но мы раньше видели, что физическое состояние коллоидальной части почвы находится в тесной зависимости от состава поглощенных катионов; поэтому и степень разрушающего действия воды на почвенный поглощающий комплекс обусловливается составом этих катионов. На основании же всего ранее сказанного мы должны заключить, что из поглощенных катионов, широко распространенных в почвах земного шара, наиболее способствует разрушающему поглощающий комплекс действию воды—поглощенный натрий; наименее же способствует этому действию, придает ,наибольшую устойчивость коллоидальной части—поглощенный кальций. Поглощенный же водород, придавая поглощающему комплексу способность к более сильному распылению, нежели кальций, но к значительно меньшему распылению, нежели натрий, занимает между ними соответствующее место.

Как мы увидим ниже при описании отдельных типов почвообразования, исследование действия воды на почвы с различным составом поглощенных катионов вполне подтверждает существование означенной зависимости.

В водах, выщелачивающих почвы с поглощенным натрием, мы находим действительно значительно больше и органических веществ и элементов алюмосиликатного ядра, нежели в водах, выщелачивающих почвы с поглощенным водородным ионом; а из последних почв вода уносит несколько больше тех же веществ, чем из почв, насыщенных щелочноземельными катионами. Но здесь возникает такой вопрос: в почвах, напр., насыщенных натрием, разлагает ли вода действительно алюмосиликатное ядро первичных коллоидальных частиц поглощающего комплекса или же она только выносит мелко распыленные ею частицы этого комплекса. Что фильтруется через почву и попадает в фильтрат отдельные ли окислы кремния, железа и алюминия, или сам алюмосиликат в виде очень маленьких частиц?

У нас нет данных для непосредственного ответа на этот вопрос, так как аналитические приемы исследования фильтрата таковы, что, если бы он действительно содержал мелкие алюмосиликатные частички, то обработкой его кислотами для удаления органических веществ и переведения $SiO_2$ в нерастворимое состояние, мы все равно разрушили бы эти частички до простых, их составляющих окислов. Вопрос, несомненно, заслуживающий того, чтобы над ним поработать. Если здесь имеет место простой вынос распыленного минерального поглощающего комплекса в виде частичек алюмосиликата, то придется признать, что степень дисперсности этих частичек очень велика, что они по величине своей приближаются уже к молекулярному раздроблению и пожалуй даже больше, чем органическая часть поглощающего комплекса, так как означенные фильтраты из нижних горизонтов почв, насыщенных натрием и не содержащих органического вещества, получаются совершенно не опалесцирующими; это с одной стороны; а с другой стороны, производящееся мною в настоящее время исследо-

вание механической поглотительной способности почв показывает, что даже очень высокодисперсная часть минерального поглощающего комплекса, но такая, которая видна в жидкости, как муть, не фильтруется через более или менее толстый слой почвы среднего механического состава, а целиком задерживается им.

Во всяком случае, если в минеральном поглощающем почвенном комплексе при подходящем составе насыщающих его катионов имеется часть такой высокой дисперсности, что частички ее могут передвигаться в почве на ту или другую глубину, то все таки нет достаточных оснований отвергать, что наряду с такой деятельностью воды должно существовать и проявляться в почве ее разлагающее действие с выносом из алюмосиликатных молекул, расположенных на самой поверхности коллоидальных частиц, той или другой части содержащихся в молекуле кремнекислоты и полуторных окислов: содержание в солодях аморфной кремнекислоты, в латеритных почвах свободных— гидратов алюминия, ортштейновые образования и т. п. доказывают это.

Очень существен и интересен вопрос о степени дисперсности коллоидальных веществ в почвах вообще и в каждой данной почве в отдельности.

Вопрос этот вследствие своей сложности и трудности почти еще вовсе не затронут. Он до чрезвычайности усложняется тем же обстоятельством, которое так затрудняет определение обычного механического состава почвы, а именно явлением структурности, на котором мы выше останавливались. И если трудно провести точное разграничение понятий „структурный элемент“ и „механический элемент“ для мелкого песка и для фракций пыли, то для ультрамеханических фракций вопрос этот гораздо более сложный. Нужно надеяться, что усовершенствование современных методов непрерывного механического анализа в связи с применением для исследования почв, насыщенных катионами, распыляющими коллоидальные аггрегаты, даст возможность подойти вплотную и к этому вопросу.

В недавно опубликованной работе Д. В. Иванов ым [1]) сделана попытка подойти к вопросу о сравнительной дисперсности органических коллоидов в почвах помощью осаждения этих коллоидов, распыленных насыщением натрия, электролитами.

По этому поводу мы укажем прежде всего, что между концентрацией осаждающего электролита и количеством не осажденных органических коллоидов существует только лишь параллелизм, никакой же даже приблизительной пропорциональности нет. Приведу для иллюстрации, напр., данные, полученные в моей лаборатории Н. М. Михайл о в ы м. Естественный солонец, почти полностью насыщенный натрием, обрабатывался растворами сернокислого натра различной концентрации.

---

[1]) *Д. В. Иванов.* Дисперсность органического вещества поглощающего комплекса почв. Научно-Агр. Ж. У. III, 1926, стр. 477.

В фильтратах определялась щелочность и количество гумуса титрованием марганцовокислым калием. Приведу только данные для гумуса:

| Конц. $Na_2SO_4$ в норм. | 1,0 | 5,0 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Содержание гумуса в % | 0,0819 | 0,0814 | 0,0985 | 0,1078 | 0,1645 | 0,2315 |

Далее, вопрос о применении коагуляции к решению вопроса о дисперсности органических коллоидов почвы вовсе не так прост, как это, повидимому, представляется Д. В. Иванову. В виду важности изучения степени дисперсности почвенных коллоидов я остановлюсь несколько на этом методе.

Метод „фракционной коагуляции“ для разделения коллоидальных частиц по их величине разработан Sven Oden'ом [1]) и, хотя метод этот уже давно применяется в химии белковых веществ („фракционное высаливание“) для разделения белков в их смеси, но впервые S. Oden доказал ультрамикроскопическими наблюдениями, но притом только для простых гидрозолей серы и серебра, а не для смесей, что чем выше дисперность частиц золя, тем он чувствительнее к осаждающему действию электролитов, т. е. тем ниже электролитический порог коагулятора.

Но, во-первых, его данные показывают, что между этими величинами нет пропорциональности (обратной) ни по диаметру, ни по объему частиц, а лишь параллелизм:

*Величина электролит. порога при коагуляции золей серы различной дисперсности.*

| Фракции. | —0,25 | 0,25—0,20 | 0,20—0,16 | 0,16—0,13 | 0,13—0,10 | 0,10—0,07 | 0,07— |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Диаметр частичек в микромикронах . . | — | — | — | около 25 | около 90 | около 140 | около 210 |
| HCl . . . . | 4,80 | 3,75 | 3,40 | 1,85 | 1,00 | 0,65 | 0,50 |
| $NH_4CO_3$ . . | 1,02 | 0,75 | 0,67 | 0,46 | 0,32 | 0,25 | — |
| NaCl . . . . | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,07 |
| KCl . . . . | 0,034 | 0,029 | 0,026 | 0,025 | 0,020 | 0,020 | — |
| $Ba(NO_3)_2$ . . | 0,0017 | 0,0014 | 0,0012 | 0,0012 | 0,0010 | 0,0010 | — |

[1]) *Sven Oden.* Ueber die Darstellung kolloider Schwefellösung von verschiedenem Dispersitätsgrad durch Fraktionen Koagulation. Koll.-Ztschr. Bd. 8, 1911, стр. 189.

*Он же.* Fraktionierte Koagulation. Ztsch. f. phys. Chem. Bd. 78, 1912, стр. 682.

*Он же.* Der Kolloide Schwefel. Nova acta reg. Soc. Sc. Upsaliensis. Ser. 4, Vol. № 4. 1913 г.

Во-вторых, S. Oden в своем исследовании указывает на необходимость в данном случае иметь золи, не содержащие других ионов, которые, конечно, влияют на электролитический порог; в разных почвах влияние это будет, конечно, неодинаково; особенно существенно здесь влияние водородного и гидроксильного ионов, как сильных стабилизаторов или инстабилизаторов. В почвах, насыщенных натрием, мы как раз и имеем присутствие гидроксильного иона в разном количестве для различных почв и в разном количестве для одной и той же почвы при применении осадителей различной концентрации. Вот, напр., как изменяется щелочность, по данным Н. М. Михайлова, при воздействии растворов различной концентрации сернокислого натрия на естественный солонец:

*Щелочность вытяжки из солонца в % от веса почвы.*

| Концентрация $Na_2SO_4$ в нормальных. | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | | 0,5 | | 0,1 | | 0,05 | | 0,025 | | 0,01 | | |
| Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | Нормальных карбонатов, в $CO_3$. | Щелочных двууглесолей, в $HCO_3$. | |
| 0,0223 | 0,259 | 0,0382 | 0,285 | 0,0413 | 0,2928 | 0,0508 | 0.378 | 0,0636 | 0,448 | 0,076 | 0,496 | |

Как видно из приведенных данных, можно еще поставить вопрос, чему в большей мере обязана более сильная распыленность органических коллоидов почвы, насыщенной натрием, при концентрации сернокислого натра, напр., в 0,01 норм., нежели при концентрации 0,1 норм., непосредственно-ли высоте концентрации или тому, что, вследствие более низкой концентрации этой соли, повысилась концентрация стабилизатора OH.

Наконец, в 3-их, необходимо иметь в виду, что величина электролитического порога зависит также от концентрации коллоидальных частиц. С этим обстоятельством всегда надо считаться при применении фракционной коагуляции для изучения сравнительной дисперсности коллоидальных веществ в почвах.

Мы думаем, что вопрос о методе фракционной коагуляции применительно к почвам находится еще в таком положении, что его надо изучать, а не применять прямо для открытия новых закономерностей.

## 5. Емкость поглощения почвенного коллоидального комплекса.

Представляя себе физико-химическую поглотительную способность почвы как обменную реакцию катионами, с одной стороны, раствора, а с другой стороны, солеобразных молекул органических и минеральных соединений, расположенных на поверхности твердых частиц этих соединений, мы должны притти к заключению, что количество катионов поглощающего почвенного комплекса, способных к обмену (т. е. емкость поглощения этого комплекса), будет находиться в зависимости:

1) от химического состава соединений, входящих в поглощающий комплекс;

2) от степени дисперсности поглощающего комплекса, от его механического состава.

Какого либо цифрового материала для развития означенных положений мы не имеем; можно сказать, что, повидимому, емкость поглощения гуматной части поглощающего комплекса значительно выше, нежели его минеральной части. Обусловливается это, конечно, химическим составом этой части, но влияет ли этот состав тут непосредственно (бо́льшим отношением между катионной и анионной частями гуматной части, по сравнению с таким же отношением алюмосиликатного поглощающего комплекса) или посредственно тем, что благодаря своему химическому составу гуматная часть комплекса всегда имеет более высокую дисперсность, нежели алюмосиликатный поглощающий комплекс? Должно быть сказывается и то и другое вместе.

Очень интересным является вопрос о постоянстве величины емкости поглощения данной почвы. Несомненно, являясь свойством самой подвижной части твердой в воде нерастворимой фазы почвы, величина эта должна изменяться: в почве в естественном ее состоянии все время идут процессы созидания и разрушения, и емкость поглощения поэтому также должна изменяться; но изменения эти будут носить все-таки характер процессов очень медленных, при чем скорость этих процессов, приводящих к изменению величины емкости поглощения, будет тесно связана с климатическими условиями, а значит и с типом почвы; и само направление изменения этой емкости (повышение или понижение ее), как результат созидания и разрушения будет в различных почвах различно; здесь надо иметь ввиду чрезвычайную сложность рассматриваемого явления; достаточно указать на то, что созидательный процесс в почве может приводить и к увеличению и к уменьшению емкости поглощения, так как возникающее новообразование может иметь различную степень дисперсности и может образовываться из частей, обладающих также различной степенью дисперсности; поэтому возникающее тело может оказаться и с большей и с меньшей емкостью поглощения. Совершенно то же и в отношении разрушающего процесса в почве: если он ведет к полному разрушению коллоидаль-

ной частицы — емкость поглощения уменьшается; если же происходит раздробление частицы, то емкость увеличивается.

Означенные процессы совершаются в почве все время и протекают сравнительно очень медленным темпом. Но в самое последнее время появились исследования, показывающие, что емкость поглощения в почве может в очень короткий срок увеличиться очень сильно. В появившейся в 1926 г. работе Д. Л. Аскинази [1]) констатируется сильное повышение емкости поглощения после обработки почвы растворами барита; исследованиями научного сотрудника при кафедре Почвоведения Ленингр. Лесного Института А. А. Роде [2]) (работа находится еще в рукописи) установлено, что емкость поглощения сильно повышается в подзолистых почвах под влиянием известкования.

В обеих работах констатируется таким образом увеличение емкости поглощения при действии на почву сравнительно слабых (норм. раствор гидрата окиси бария) или даже очень слабых (углекислый кальций) щелочных веществ.

Постараюсь несколько подойти к выяснению этого очень интересного явления.

Если емкость поглощения увеличилась, т. е. увеличилось общее количество катионов в почве, способных к обмену, то это могло произойти или от того, что в почве возросло количество поглощающего комплекса, или оттого, что существовавший в почве поглощающий комплекс увеличил свою поверхность взаимодействия с растворами. Теоретически мыслимы при обработке почвы щелочными соединениями оба эти случая.

Рассмотрим сначала вопрос о новообразовании поглощающего комплекса. В почвенном растворе всегда имеются в том или другом количестве, что будет зависеть от свойств почвы, коллоидально растворенные кремнекислота, гидраты окисей железа, алюминия, марганца и различные органические соединения; под влиянием и гидрата окиси бария, и углекислого кальция все выше означенные соединения при наличности, конечно, известных условий (напр., достаточной для этого концентрации), могут свертываться, давая сложные комплексы между собою и поглощая соответствующие количества бария или кальция, и образовывать таким образом новые частички поглощающего комплекса, содержащие некоторое количество бария или кальция, способных к обмену [3]).

---

[1]) Д. Л. Аскинази. Формы кислотности и емкость поглощения почв в связи с их известкованием и фосфоритованием. Тр. Науч. Инст. по удобрениям. В. 38, 1926.

[2]) А. А. Роде. Действие углекислого кальция на почву.

[3]) Основываясь на явлении Тиндаля и на измерениях электропроводности, H. Freundlich и H. Cohn („Ueber die Eigenschaften alkalischer Kieselsäuresole“ Koll.-Ztschr., Bd. XXXIV, 1926, H. I) приходят к выводу, что прибавление к золю кремнекислоты щелочи, начиная с некоторой уже сравнительно малой концентрации ее, вызывает образование силиката.

Но в почвах вообще не может быть много такого материала для образования нового поглощающего комплекса. Это может быть лишь в особых случаях. Можно указать на другое явление, которое, повидимому, присуще всем почвам, содержащим достаточное количество коллоидального комплекса, и которое, возможно, является непосредственной причиной увеличения емкости поглощения. Я имею в виду физическое поглощение в почве.

Физического поглощения почвой кислот, кислых и нейтральных солей до сих пор с достаточной достоверностью констатировать не удается. Очевидно, если оно происходит, то сравнительно в слабой степени или же оно отрицательное, а тогда по самой сущности процесса отрицательной адсорбции констатировать его применявшимися методами очень трудно, даже при сильно выраженной способности почв к физическому поглощению. Я, между прочим, ставил такие опыты.

Почва, с большим содержанием поглощающего комплекса и очень бедная органическими веществами, многократно обрабатывалась в цилиндрах концентрированными растворами сернокислого или хлористого натрия и таким образом полностью насыщалась натрием. А затем в тех же цилиндрах декантацией промывалась от сульфатов и хлоридов дестиллированной водой до тех пор, пока почва переставала отстаиваться. Цилиндры тогда были оставлены в покое и приблизительно через год подвергнуты исследованию. В это время 10 гр. первоначально взятой почвы занимали в цилиндрах объем до 80 к. стм.; почва представляла студень, содержащий до 800% прочно связанной воды. Над почвой стоял столб совершенно прозрачной воды объемом около 50 к. стм. Если почва способна положительно или отрицательно адсорбировать сернокислый или хлористый натрий, то в том состоянии, в каком она находилась в наших цилиндрах, явление это должно было особенно сильно проявиться. Однако анализ свободной воды и воды, связанной почвою, показал совершенно одинаковую концентрацию и хлора и серной кислоты и в воде над почвой и в воде, находившейся в почве.

Совершенно иначе ведет себя почва в отношении свободных щелочей и щелочных солей. В том и другом случае, как известно, происходит сильное поглощение свободной щелочи без соответствующего обмена; при чем поглощенная щелочь, очевидно, не связывается более или менее прочно с твердыми частичками почвы, а лишь концентрируется в воде, удерживаемой почвою, так как может быть вымыта из почвы водой продолжительным промыванием, т.-е. здесь несомненно имеется тот процесс, который я назвал физической поглотительной способностью.

Так наши исследования взаимодействия растворов $Ca(OH)_2$ и $Ba(OH)_2$ на почвы, насыщенные соответствующими основаниями (т.-е. в условиях, когда обменной реакции не может быть), совершенно опреде-

ленно показывают, что, если брать достаточно концентрированные растворы гидрата окиси кальция или бария, то та или другая часть исчезающего из раствора гидрата задерживается почвой в виде, именно, свободного гидрата, часть же просто выпадает в осадок в виде углекислой соли, при чем несомненно в жидкости, находящейся в самой почве растворы $Ca(OH)_2$ и $Ba(OH)_2$ более концентрированны, нежели в жидкости над почвой.

Наши исследования действия на почву насыщенного при атмосферных условиях раствора $CaCO_3$ при продолжительном промывании почвы этим раствором показывают, кроме того, что почвенный раствор становится все более и более богатым при такой обработке свободным гидратом окиси кальция, т.-е. что почва, поглощая из такого раствора часть $Ca(OH)_2$, являющегося результатом ничтожного гидролитического расщепления этой соли, при довольно продолжительном промывании почвы все свежими растворами в конце концов накопляет в жидкости около почвенных частиц заметные количества свободного гидрата окиси. При этом опыте замечается очень интересное явление: почва, сначала великолепно фильтрующая раствор $CaCO_3$, постепенно с течением времени все более и более замедляет фильтрацию и несколько разбухает.

Теперь вспомним, что в большинстве почв поглощающий комплекс не представляет собой совокупности отдельных самостоятельных друг от друга коллоидальных частиц, а те или другие аггрегаты их между собой и с частицами других почвенных фракций. Является вопрос: определяем ли мы обработкой почвы раствором той или другой соли всю емкость поглощения; можем ли мы при аггрегатном состоянии поглощающего комплекса вытеснить нацело все поглощенные катионы? Или иначе: вся ли поверхность коллоидальных почвенных частиц доступна при таком физическом состоянии поглощающего комплекса воздействию вытеснителей? Не имею еще никаких данных, но сам собою напрашивается отрицательный ответ на эти вопросы. Было бы чрезвычайно желательно поближе заняться выяснением этого вопроса; пора уже более уточнить наши представления о явлениях поглощения. Те рассуждения, которые мы привели выше в отношении действия воды на поглощающий почвенный комплекс различного физического состояния, пригодны и для рассматриваемого вопроса; они приводят нас к выводу, что и емкость поглощения должна быть связана с физическим состоянием поглощающего комплекса и что все то, что содействует распыляющему действию воды, может влиять повышающе на величину этой емкости. Так должна повлиять прибавка к вытеснителям едкого натра или углекислого, так как по аналогии с нашими данными для растворов $CaCO_3$ надо заключить о накоплений в почвенном растворе в этом случае некоторого количества едкого натра.

Возможно, что также при известных концентрациях влияют и свободные гидраты щелочно-земельных металлов. Конечно, здесь может

быть речь о таком влиянии лишь при известных концентрациях, так как общее направление действия этих гидратов на коллоидальные частицы как раз обратное. Но то, что катионы этих соединений свертывают сильнее, нежели действует стабилизатор OH, может и не относиться ко всем концентрациям растворов гидратов окиси щелочноземельных металлов. Необходимо еще иметь в виду, что емкость поглощения мы определяем воздействием на почву солевыми растворами и обычно, для ускорения вытеснения, довольно высокой концентрации, т. е. искусственно, вследствие свертывающего действия взятого электролита, вызываем понижение степени дисперсности коллоидальной части почвы, что, возможно, в свою очередь понижает величину определяемой емкости поглощения.

Во всяком случае я считаю вполне законным поставить эти вопросы, т.-е. 1) определяем ли мы обработкой почвы вытеснителями всю емкость поглощения ее независимо от физического состояния поглощающего комплекса почвы и независимо от высоты концентрации применяющихся вытеснителей; 2) не стоит ли наблюдаемое при обработке почвы едким баритом и углекислым кальцием явление повышения емкости поглощения почвы в связи с повышением при этой обработке распыленности поглощающего комплекса, с усилением распыляющего действия воды на аггрегаты этого комплекса; 3) не связано ли последнее с физическим поглощением свободных гидратов из растворов означенных соединений, создающим подходящую для этого концентрацию щелочи в сфере этих аггрегатов?

Как общее положение по затронутому здесь вопросу можно высказать следующее: если в данной почве не происходит изменений в величине и химическом составе поглощающего комплекса, то истинная величина емкости поглощения должна быть постоянной величиной; если же наблюдается ее изменение, то причину этого надо искать в изменении степени дисперсности поглощающего комплекса в сторону распыления его аггрегатов (так должно, напр., влиять введение в жидкую фазу почвы гидроксильного иона, распыление почвы вследствие механической ее обработки) или, обратно, в сторону повышения его аггрегатности.

## ГЛАВА II.

# Почвенные поглощенные катионы и типы почвообразования.

Со времени появления в свет первого издания настоящей брошюры произведено много работ, как по изучению химического состава поглощающего комплекса, так и по исследованию состава поглощенных катионов. Работы первой категории (мы на них достаточно останавливались в первой главе), однако, не дали еще материала для установления общих закономерностей между составом анионной части поглощающего комплекса и типом почвообразования. Исследования второй категории, с одной стороны, не дают пока еще нам оснований вносить каких либо поправок в предложенную нами классификацию; имеется только один пункт: можно отметить существенное разногласие между моими воззрениями на состав поглощенных катионов и воззрениями некоторых других исследователей; я имею ввиду вопрос о ненасыщенности почв основаниями. Является ли причиной этой ненасыщенности присутствие в поглощающем комплексе таких почв поглощенного водорода или поглощенного алюминия? Все имеющиеся данные можно трактовать и так и этак. Одно совершенно достоверно, что, по крайней мере, в некоторых почвах присутствие поглощенного водорода несомненно; может быть не вся ненасыщенность их обусловлена, именно, водородом; может быть часть ее вызвана поглощенным алюминием, но некоторая часть этой насыщенности обязана, именно, присутствию поглощенного водорода. Относительно же алюминия, как поглощенного катиона, и такой частичной уверенности нет. Это одно из соображений, заставляющих меня оставаться на моей прежней точке зрения и приписывать ненасыщенность целиком присутствию поглощенного водорода, а не алюминия. Второе соображение, приводящее меня к тому же, заключается в том, что мне легче представить себе вступление водорода в поглощающий комплекс, нежели алюминия. Но, конечно, возможности присутствия поглощенного алюминия в почвах нельзя отрицать, и потому я считаю и ту и другую точки зрения вполне законными, но только с указанной выше поправкой.

С другой стороны, исследования поглощенных катионов почвы еще не дали необходимого материала для уточнения и дальнейшего развития предложенной мною классификации. Поэтому дальнейшая

часть настоящей брошюры воспроизводит почти без изменений первое ее издание; она дополнена лишь аналитическими данными по составу поглощенных катионов в различных почвенных типах.

По тем же причинам теперь еще, конечно, совершенно невозможно дать сколько-нибудь полную классификацию почв по состоянию в них поглощающего комплекса; сейчас она может базироваться лишь на составе катионной части этого комплекса, которая, однако, тоже изучена далеко еще недостаточно полно; о весьма же существенных для этой классификации других признаках. как-то: величине анионной части, ее составе и содержании в тех или других горизонтах продуктов ее распада (кремнекислоты, гидроокисей алюминия и железа, гуматных анионов) приходится заключать, главным образом, по косвенным соображениям. Тем не менее я считаю полезным поделиться теми выводами, какие можно сделать в отношении почвенной классификации из моих исследований поглощающего комплекса и которые в сущности уже опубликованы мною в различных моих работах, но в виде отдельных эпизодических включений к главным темам работ; и при таком состоянии вопроса картина получается довольно цельной и стройной; укажу между прочим, что построение почвенной классификации на основании поглощающего почвенного комплекса, как показывает мой пятилетний опыт проведения этого начала при изложении почвоведения студентам Лесного Института, чрезвычайно облегчает усвоение курса.

Свойства и величина поглощающего комплекса является функцией всех почвообразователей: материнской породы, климата, органической жизни, рельефа, прошлой истории. Начнем наше рассмотрение с почв черноземной полосы.

## I. Черноземный тип почвообразования.

При известном климате почвы (соответствующее сочетание метеорологических факторов, растительности и рельефа) и режиме грунтовых вод поглощающий почвенный комплекс будет вполне насыщен основаниями и. в качестве таковых, содержать в себе только кальций и магний; для этого означенные почвообразователи должны сочетаться таким образом, чтобы легко растворимые соли (соли натрия и калия), имевшиеся первоначально в материнской горной породе и образующиеся как продукты почвенного выветривания, возможно полностью выносились из почвенной толщи, и вместе с тем, чтобы грунтовые воды залегали настолько глубоко, что поднятие таких солей в верхние горизонты почвы было бы невозможно; с другой стороны. водный режим почвы должен быть таков, чтобы трудно растворимые карбонаты щелочно-земельных металлов по возможности сохранялись в верхних горизонтах почвы или же были бы настолько невысоко от почвенной поверхности, чтобы почвенные растворы и в верхних почвенных го-

ризонтах, если не все время, то в известные периоды года, содержали карбонаты кальция и магния, поднятые сюда из карбонатных горизонтов. Принимая во внимание значительно бо́льшую энергию поглощения (или энергия вытеснения) у кальция по сравнению с натрием и калием (и магнием) и большую энергию поглощения (или вытеснения) у магния по сравнению с натрием и калием, легко видеть, что при указанных условиях поглощающий комплекс почвы должен содержать в числе поглощенных катионов в первую очередь кальций, во вторую магний; другим поглощенным катионам, ни щелочным, ни водородному, в нем не может быть места: они при той концентрации их в почвенном растворе, какая может иметь место при рассматриваемых здесь условиях почвообразования, не могут конкурировать с кальцием и магнием. Таким образом, при такой комбинации почвообразователей, которую мы приняли, образующиеся почвы должны обладать поглощающим комплексом, насыщенным основаниями (не содержащим водородного иона) и при том только кальцием (главным образом) и магнием. В табл. XII привожу для иллюстрации состав поглощенных катионов в пахотном слое суглинистого чернозема.

Это основное свойство этих почв—насыщенность их поглощающего комплекса, как минерального, так и органического, кальцием и магнием, обусловливает целый ряд других особенностей, отличающих подобные почвы от прочих почв; прежде всего укажу на сравнительное постоянство поглощающего комплекса в этих почвах: он отличается особой сопротивляемостью как разлагающему, так и растворяющему действию почвенных вод [1]); поэтому, именно, в этих почвах как цеолитная, так и гуматная части, могут достигать наибольшей величины; отсюда же вытекает то обстоятельство, что в этих почвах не должно образовываться уплотненных иллювиальных горизонтов [2]): для этого коллоидальная растворимость гуматной части и распад алюмосиликатного ядра цеолитной части с образованием коллоидально растворенных окисей кремния, алюминия и железа слишком ничтожны, и концентрация этих веществ очень мала; кроме того почвенный раствор здесь всегда содержит кальций—сильный свертыватель коллоидальных частиц этих продуктов распада и самого поглощающего комплекса; те и другие поэтому не могут в более или менее значительной степени вымываться из мест своего образования и существования.

[1]) Доказательство и обоснование этому см. в моей статье „Почвы, ненасыщенные основаниями...“ Ж. Оп. Агр., т. XXII, 1923 г., стр. 1, а также в статье „Подвижность почвенных соединений и влияние на нее кальция“, 43 вып. тр. Носовской С.-х. Опытн. Станции, 1926 г.

[2]) Если уплотненные горизонты здесь встречаются, то они иного, не иллювиального происхождения; напр., уплотненные горизонты в Донских черноземах являются следствием воздействия на них натронных солей грунтовых вод; см. мою статью „Поглот. способность почвы и почв. цеолитные основания“. Ж. Оп. Агр. 1916, т. 17, стр. 521.

Следующим, чрезвычайно существенным свойством почв, с указанным выше поглощающим комплексом, является их ультрамеханический состав (т. е. механический состав илистой фракции) и особая структурность; в ультрамеханической фракции этих почв, несмотря на богатство их коллоидально раздробленным поглощающим комплексом, нет или почти нет отдельных, свободных коллоидальных частиц, последние здесь прочно связаны в аггрегаты; та же причина создает в этих почвах очень прочную и в сухом и во влажном состоянии, но вместе с тем сравнительно мелкую зернистую структуру [1]). Во избежание недоразумений подчеркну, что здесь я имею в виду ультрамеханический состав естественной почвы без переведения, конечно, ее в состояние, насыщенное натрием, и при получении этого состава методами механического анализа без прибавки аммиака, который вносит в данном случае совершенно нежелательный элемент распыления, но распыления, по сравнению с насыщающим почву натрием, лишь частичного; таким образом, такая прибавка аммиака удаляет получаемые данные от естественного содержания в почве ультрамеханических фракций, а вместе с тем в значительно меньшей степени, чем предварительное полное насыщение почвы натрием, позволяет учесть общее количество коллоидальных частиц почвы и их механический состав, т. е. всю коллоидальную часть почвы, независимо от физического состояния ее в почве.

ТАБЛИЦА XII.

*Состав поглощенных катионов суглинистого чернозема Тульской губ., по автору.*

| Горизонт. | % содержание в почве поглощен. катионов. | | | | Содержание в почве поглощенных катионов в мил.-экв. | | | | Емкость поглощения в мил.-эквив. | Процентный состав поглощенных катионов (в мил.-экв.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В стм. | Ca | Mg | K | Na | Ca | Mg | K | Na | | Ca | Mg | K | Na |
| 0 - 20 | 0,90 | 0,10 | 0,06 | 0 | 45,0 | 8,3 | 1,5 | 0 | 54,8 | 82,1 | 15,1 | 2,7 | 0 |

Как указывалось выше, полной разработке почвенной классификации по поглощающему комплексу в значительной степени препятствует неизученность анионной части его как минеральной, так и органической, вследствие отсутствия необходимой методики. Параллельно с попытками разработки таковой, еще не законченными, мы, в целях

[1]) Обоснование и объяснение этого можно найти в моих работах: „Ультрамеханический состав почвы...“, Ж. Оп. Агр., т. XXII, 1923 г., стр. 27; „Почва, как культурная среда...“, 42 вып. Трудов Носовской С.-х. Оп. Станции, 1926 г.; „К вопросу о почвенной структуре и с.-хоз. ее значении“, Извест. Гос. Инст. Оп. Агр., т. IV, 1926, № 3.

установления различий в почвообразовательном процессе подзолистых почв и солодей [1]), исследовали отношение различных почв к обработке щелочью. Полученные результаты дают интересный материал и в классификационном отношении. В частности для рассматриваемых здесь почв, для того сочетания почвообразователей, при котором почвенный раствор так беден уже катионами натрия (и калия) и настолько богат еще катионами кальция (и магния), что среди поглощенных ионов коллоидального комплекса не могут быть ни натрий, ни водород, щелочь извлекает (в условиях нашей обработки) и кремнекислоты и окиси алюминия из всех почвенных горизонтов сравнительно очень мало (меньше 1% от веса почвы); если условно (только для того, чтобы иметь исходную точку) принять состав анионной части алюмосиликатного поглощающего комплекса за $Al_2O_3 2SiO_2$, то соотношение между извлекаемыми щелочью из рассматриваемых здесь почв кремнекислоты и окиси алюминия обычно показывает в верхних горизонтах на небольшой избыток кремнекислоты (например, на 0,5% извлекаемого глинозема приходится 0,8% извлекаемой кремнекислоты, вместо 0,6%, требующегося по формуле); с углублением вниз картина изменяется мало с общей тенденцией понижения количества извлекаемой кремнекислоты, примерно, при том же количестве извлекаемого глинозема, так что получается более близкое, а иногда и полное совпадение с вышеприведенной формулой.

Для примера приведу полученные мною данные анализа щелочной вытяжки (5% KOH) для чернозема Полтавской г. (бывшее имение „Балясное"), в процентах от веса почвы:

| | | | | Остается избыток | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $2SiO_2Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| Гор. A, 0— 20 стм. | 0,534 | 0,320 | 0,696 | 0,158 | — |
| „ B, 45— 70 „ | 0,440 | 0,344 | 0,748 | 0,036 | — |
| „ C, 120—150 „ | 0,424 | 0,376 | 0,784 | — | 0,016 |

Из других косвенных указаний для сравнительного изучения анионной части алюмосиликатного поглощающего комплекса в почвах различных типов, остановимся на количествах кремнекислоты и глинозема, извлекаемых из почв при обработке последних слабой соляной кислотой (0,05 норм.) до полного замещения водородом имеющихся в почве поглощенных оснований; получающиеся здесь результаты, собственно говоря отношение $SiO_2 : Al_2O_3$, неодинаково для почв различных типов. Для тех почв, о которых сейчас идет речь, т. е. для почв, насыщенных основаниями, а из последних содержащих в поглощающем комплексе только кальций и магний, соляная кислота 0,5 норм. извлекает немного и кремнекислоты и глинозема, при чем глинозема

[1]) См. мой доклад на 3-м Всерос. Съезде Почвоведов в Москве, 1921 г. „Солонцеватость почвы, как причина быстрой ее деградации", а также мою статью „Осолодение почв", 44 вып. Трудов Носовской С.-х. Оп. Станции, 1926 г.

извлекается примерно раза в два больше, нежели кремнекислоты (около 0,5% глинозема и около 0,25% кремнекислоты от веса почвы).

Почвы с поглощающим комплексом описанного выше характера являются главным фоном почвенного покрова нашей черноземной зоны, зоны умеренного увлажнения; в этой зоне преобладающий климат почвы (а также непосредственное влияние травянистой растительности) таков, что поглощающий комплекс почвы (как минеральный, так и органический) должен обладать, именно, вышеописанными свойствами. Мы имеем черноземный тип почвы. Само собой разумеется, что не все почвы черноземной зоны содержат поглощающий комплекс указанного характера. Находясь в непосредственной зависимости от климата почвы, он должен постепенно менять свой характер с постепенным изменением климата почвы в сторону большей или меньшей засушливости. Методика определения поглощенных катионов, как и вообще весь почвенный химический анализ, слишком груба для разрешения многих чрезвычайно существенных вопросов о почвенном поглощающем комплексе, и в частности вопросов, связанных с классификацией черноземных почв. Укажу, напр., на связанное с отсутствием метода более или менее точного определения поглощенных катионов в карбонатных почвах полное наше незнание емкости поглощения и соотношения между поглощенным кальцием и поглощенным магнием в вскипающих горизонтах черноземных почв и в частности в нашем южнорусском лессе. Далее остается совершенно невыясненным вопрос о том, имеются ли и где такие черноземные почвы, теоретически мыслимые, которые были бы вовсе не солонцеватыми, т. е. не содержали бы в поглощающем комплексе вовсе поглощенного натрия; как ведут себя в этом отношении различные горизонты чернозема по мере углубления их положения в почве? Какое, напр., положение должен занять в классификации черноземных почв чернозем, имеющий по моим определениям нижеследующий состав поглощенных катионов (табл. XIII)?

ТАБЛИЦА XIII.

*Процентный состав поглощенных катионов южного черноземного (Донская обл., из коллекции Л. И. Прасолова), вытесняемых однократной обработкой 1,0 норм $NH_4Cl$.*

| | Ca | Mg | K | Na |
|---|---|---|---|---|
| Гор. $A_1$, 0— 6 стм. . . | 0,543 | 0,123 | 0,059 | 0,007 |
| „ $B_1$, 20— 28 „ . . | 0,611 | 0,153 | 0,024 | 0,004 |
| „ $C_1$, 75— 83 „ . . | 0,396 | 0,345 | 0,021 | 0,157 |
| „ $C_2$, 175—183 „ . . | 0, 0 | 0,348 | 0,047 | 0,254 |

*Процентное содержание в том же разрезе кальция и магния, вытесненных нацело.*

| | Ca | Mg |
|---|---|---|
| Гор. $A_1$, 0— 6 стм. . . . . | 0,814 | 0,162 |
| „ $A_2$, 6— 12 „ . . . . . | 0,832 | 0,170 |
| „ $B_1$, 20— 28 „ . . . . . | 1,294 | 0,178 |
| „ $B_2$, 45— 53 „ . . . . . | 1,271 | 0,312 |
| „ C, 75— 83 „ . . . . . | 1,171 | 0,447 |
| „ $C_2$, 105—113 „ . . . . . | 1,003 | 0,442 |
| „ $C_3$, 175—183 „ . . . . . | 0,931 | 0,435 |

С другой стороны, почвы черноземного типа почвообразования расположены не только в условиях климата нашей черноземной зоны, но и в других климатических зонах, там именно, где благодаря каким либо местным причинам, имеются условия, необходимые для того, чтобы почвенный поглощающий комплекс был, во-первых, насыщен основаниями и при том, во-вторых, только кальцием и магнием; такими условиями, как увидим ниже, являются: в пустынно-степной зоне содержание в материнских породах гипса, а в подзолистой зоне содержание в материнских породах карбонатов кальция и магния. При этих условиях в первой из означенных зон не могут возникать присущие ей солонцеватые почвы, так как кальций гипса препятствует вхождению натрия в поглощающий комплекс; во второй из указанных зон, в подзолистой зоне, на карбонатных породах мы также будем иметь черноземный тип почвообразования, так как кальций углекислого кальция предохраняет почву от вступления в ее поглощающий комплекс водородного иона, т.-е. от процесса оподзаливания.

## II. Солонцевый тип почвообразования.

Уменьшение степени увлажнения почвы, понижая вымываемость легко растворимых солей и щелочноземельных карбонатов, постепенно повышает горизонт их скоплений в грунтах и почвенных слоях; постепенно с увеличением засушливости климата почвы увеличивается количество в почве как тех, так и других солей; но так как предельная растворимость щелочно-земельных карбонатов (концентрация насыщенных их растворов в почвенной влаге при наивысшем возможном содержании в ней углекислоты) сравнительно очень мала, то несмотря на высокую энергию поглощения (вытеснения) почвою кальция, должен наступить при движении на Ю. В. от почв, насыщенных только кальцием и магнием, такой момент, когда катионы значительно более растворимых солей щелочных металлов могут уже конкурировать с ка-

тионами кальция и магния за свое место в поглощающем комплексе почвы. Когда степень увлажнения почвы достигает такой величины, мы вступаем в область, в которой почвы в своем поглощающем комплексе могут содержать уже кроме кальция и магния и щелочные катионы.

То же явление—появление щелочных катионов в поглощающем почвенном комплексе — может обусловливаться при известной степени засушливости климата и обратной причиной, а именно тем, что в том или другом пониженном месте (в котловинке, в западине) создаются условия временного избыточного (по сравнению с окружающим пространством) увлажнения; в этом случае может получиться такая концентрация щелочных катионов в почвенном растворе, при которой они смогут вступать в поглощающий комплекс почвы, тогда как в почвах, окружающих такое место, их или не будет там вовсе, или же содержание их будет заметно ниже. Такие благоприятные условия для вступления щелочных катионов в поглощающий почвенный комплекс пониженных мест могут сложиться как вследствие того, что стекающие с более повышенных мест воды будут приносить сюда продукты выветривания почвы этих мест, что при достаточно сильном испарении может вызвать необходимое для вступления щелочных катионов в поглощающий комплекс повышение их концентрации, так и вследствие того, что скопляющаяся здесь вода будет обусловливать более глубокое промачивание почвы и вызывать при высыхании капиллярное поднятие солей из нижних подпочвенных горизонтов.

Какие же из щелочных катионов могут встречаться в поглощающем комплексе этих почв? Вопрос этот очень существенный, но до сих пор он не может считаться разрешенным. Мы знаем, что натрий несомненно встречается как поглощенный катион во всех натриевых солончаковых почвах и во всех солонцеватых почвах, но имеется ли там поглощенный калий—вопрос экспериментально не разрешенный; а между тем от разрешения его находится в зависимости другой очень важный вопрос, вопрос о роли солей щелочных металлов, как продуктов почвообразования в засолении почв и образовании солонцеватых почв. Вопрос об участии карбонатов кальция и магния, являющихся продуктами почвообразования, в накоплении в почвенных горизонтах этих солей решается положительно без особых натяжек, так как соли эти очень трудно растворимы; относительно солей натрия и калия вопрос так просто не может быть окончательно разрешен в виду большой их растворимости; натрий в этом отношении указаний дать не может, потому что хотя участие его в поглощающем комплексе почв засушливых районов и участие его солей в засоленных почвах несомненно, но оно всегда может быть отнесено за счет засоленности в настоящее время или в прошедшие времена материнской породы хлористым и сернокислым натром. Другое дело, если бы было доказано, что и калий наряду с натрием входит в поглощающий комплекс засушливых почв; тогда можно было бы утвер-

ждать, что появление его здесь обязано, именно, калийным солям, как продуктам почвообразования, и возможность засоления почв (сейчас или бывшее в прошлые времена) солями щелочных металлов, как продуктов почвообразования, была бы непосредственно доказана.

Тогда пришлось бы говорить не только о соде в почвах, но и о поташе; подойти к разрешению поставленной задачи разделением щелочности почвенных водных вытяжек на щелочность от соды и от поташа довольно трудно; гораздо проще произвести в солонцеватых почвах в широком масштабе исследование содержания поглощенных щелочных металлов с разделением определяемых щелочей на натрий и калий, а также исследовать содержание калия в засоленных грунтовых водах пустынно-степной зоны.

Вследствие больших затруднений в последние годы для такого разделения, нами оно проделано для очень немногих почвенных образцов; в них мы не нашли ясного ответа на наш вопрос; необходимо эти исследования значительно расширить.

Таким образом, известное сочетание климатических условий и рельефа вызывает изменение в составе поглощенных катионов поглощающего комплекса, изменение, налагающее совершенно особый отпечаток на почву: в этом комплексе появляется поглощенный натрий. и в общем чем засушливее климат почвы, тем количество этого катиона будет больше по сравнению с количествами поглощенных кальция и магния; исследование показывает, что можно встретить почвы, в которых натрий является почти единственным поглощенным основанием, а кальций и магний почти вовсе отсутствуют. Прежде чем перейти к рассмотрению свойств поглощающего комплекса, содержащего поглощенный натрий, и свойств почв, содержащих таковой комплекс, укажем, что имеются обстоятельства, усложняющие вопрос о почвенном покрове засушливых областей, а именно.

Во-первых, в числе солей кальция (и магния), засоляющих почвы, мы имеем не только трудно растворимый углекислый кальций, но и значительно более растворимый сернокислый кальций (и магний); гипс является довольно распространенной солью засушливых областей. Если для конкуренции с кальцием и магнием в виде углекислых солей за место в поглощающем комплексе концентрация иона натрия в почвенном растворе может быть сравнительно низкой, то для конкуренции с кальцием гипса дело обстоит иначе.

Борьба натрия с кальцием углекислого кальция, каково бы ни было количество последнего в почве, за место в поглощающем комплексе может быть успешной уже при сравнительно низкой концентрации солей натрия в почвенном растворе; не то в случае кальция в виде сернокислого; можно считать, что в насыщенном растворе при 10% влажности на 100 гр. почвы приходится 0,021 гр. сернокислого кальция (при 30° С.), эквивалентное количество хлористого натрия будет 0,018 гр., а хлора—0,011 гр.; в силу малой энергии поглощения натрия

по сравнению с энергией поглощения кальция, натрий поглощается почвою из растворов эквивалентных количеств ионов кальция и натрия в очень слабой степени, так что в присутствии в почве гипса в твердой фазе, даже при содержании в почве 0,018% хлористого натра, иона натрия в поглощающем комплексе может содержаться очень мало.

Во-вторых, особые свойства поглощающего комплекса, содержащего поглощенный натрий, и совершенно своеобразный облик и характер получаемый почвой, содержащей такого состава поглощающий комплекс, затушевываются, исчезают в том случае, когда почвенный раствор содержит растворимые соли выше известной концентрации. На этом вопросе я уже останавливался достаточно в ранее опубликованных работах, поэтому укажу здесь только на общую причину этого явления. Как мною доказано все особые свойства комплекса, содержащего поглощенный натрий, так резко отличающие его от того же комплекса, содержащего только кальций и магний, вызываются тем обстоятельством, что вторичные частички (аггрегаты) поглощающего комплекса, содержащего кальций и магний, под влиянием вступления туда натрия распыляются; поглощенный натрий повышает дисперсность поглощающего комплекса почвы; почва, содержащая таковой, „более коллоидальна", нежели почва, содержащая только поглощенные кальций и магний; соли почвенного раствора, свертывая почвенные частички, действуют обратно поглощенному натрию, и когда концентрация их выше некоторой величины, то распыляющее действие поглощенного натрия исчезает. Если, заимствуя термин у почвоведов—морфологов, назвать те свойства почвы, которые проявляются в ней, вследствие присутствия в ее поглощающем комплексе натрия, солонцеватостью [1]) почвы, то степень солонцеватости почвы будет зависеть от трех величин: 1) от величины поглощающего комплекса почвы; 2) от соотношения между количествами в нем, с одной стороны, поглощенного натрия и, с другой стороны, поглощенных кальция и магния [2]); 3) от концентрации (и состава) солей в почвенном растворе. Количество поглощенного натрия в почве зависит и от концентрации солей натрия в почвенном растворе и от периодичности воздействия на почву этого солевого раствора, так как предел вступления натрия из раствора в поглощающий комплекс почвы на место кальция и магния кладется не только концентрацией его в растворе, но и концентрацией одного из продуктов обмена—образующейся соли кальция; поэтому

---

[1]) А такое заимствование вполне законно, потому что как раз то, вследствие чего почвовед-морфолог относит почву к солонцеватым, является следствием присутствия натрия в ее поглощающем комплексе.

[2]) При всех прочих, совершенно одинаковых условиях, почва будет тем „солонцеватее", чем больше в ее поглощающем комплексе содержится поглощенного натрия; но при этом надо иметь в виду, что при полном отсутствии в такой почве растворимых солей уже ничтожное содержание поглощенного натрия может проявиться совершенно ясно на всех свойствах такой почвы.

можно получить один и тот же результат (одно и то же количество натрия в поглощающем комплексе данной почвы), действуя на почву раствором натриевой соли высокой концентрации или действуя раствором низкой концентрации, но многократно, с удалением продуктов обмена после каждой обработки. Содержание легко растворимых солей в почве изменчиво, в зависимости от постоянно изменяющихся условий увлажнения как в течение года, так и из года в год, поэтому в природе, по всей вероятности, чаще имеет место второй случай, т.-е. солонцеватые почвы разной степени содержания поглощенного натрия, образовавшиеся вследствие периодического осолонения их солями натрия, при чем и здесь степень солонцеватости их в каждый данный момент будет зависеть от концентрации имеющихся в почвенном растворе солей, т.-е. также будет периодически изменяться как в течение года, так и из года в год [1]). В таб. XIV приводим содержание поглощенных катионов в солонце Челябинского у. (анализ Е. Н. Ивановой, произведенный в Почвенной Лаборатории Лесного Института), а в таб. XV и XVI тоже для американских почв по исследованию W. P. Kelley и S. M. Brown; первая из этих таб. заключает данные для сильно солонцеватых почв, вторая—для средне солонцеватых, что определенно следует и из соотношения между количеством поглощенного натрия, с одной стороны, и количествами поглощенных Ca и Mg, с другой стороны. В числе приведенных почв, судя по данным анализа, несомненно имеются и осолодевшие солонцы.

Во всяком случае в природе в достаточно засушливом климате, в зависимости от макро и микрорельефа, свойств материнской породы, состояния грунтовых вод и времени исследования, можно встретить все степени проявления солонцеватости при одной и той же величине поглощающего комплекса и при одном и том же процентном содержании в последнем натрия параллельно с концентрацией солей в почвенном растворе, начиная от той предельной концентрации, при которой солонцеватость уже не может проявляться, и выше—это почвы солончаковые разной интенсивности засоления, и начиная от той же предельной концентрации и ниже—это почвы солонцеватые с различной интенсивностью солонцеватости; при полном или почти полном

---

[1]) Нужно иметь в виду, что солонцеватые горизонты почвы очень медленно подымают воду; поэтому если почва сильно солонцеватая, а нижележащие почвенные воды слабо засолены, то превращение солонцеватой почвы снова в солончаковую очень затруднено и требует продолжительного времени. Иное дело, если эти воды очень богаты растворимыми солями; тогда капиллярное поднятие их в солонцеватый горизонт может происходить быстро. Так, например производящиеся в настоящее время в нашей лаборатории исследования (еще не законченные) Л. А. Грунвальдт-Фроловой над поднятием растворов в трубках с солонцеватым карбонатным горизонтом солонца Шипова леса показывают, что чистая вода капиллярно поднялась такою почвою в течение $1^1/_2$ месяца всего лишь на 7,5 стм., тогда как растворы, например, хлористого бария на ту же высоту были подняты в зависимости от их концентрации через следующие промежутки времени: 1,0 норм. около 2 часов; 0,1 норм.—9 часов; 0,01 норм.—около 22 дней.

рассолении мы будем иметь наиболее интенсивно выраженную солонцеватость данной почвы; по мере же приближения засоленности ее к той предельной, о которой речь была выше, солонцеватость постепенно затухает и в пределе совершенно исчезает, — имеем опять солончаковую почву.

ТАБЛИЦА XIV.

*Состав поглощенных катионов в солонце Челябинского у. Анализ принадлежит Е. Н. Ивановой.*

| Горизонты | % содерж. в почве поглощенных катионов | | | Содержание в почве поглощенных катионов в мил.-экв. | | | Емкость поглощения в мил.-экв. | Процентный состав поглощенных катионов в мил.-экв. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Стм. | Ca | Mg | Na | Ca | Mg | Na | | Ca | Mg | Na |
| 0—5 | 0,5400 | 0,2432 | 0,0872 | 27,0 | 20,27 | 3,79 | 51,06 | 52,9 | 39,7 | 7,4 |
| 5—10 | 0,4550 | 0,1994 | 0,0997 | 22,75 | 16,72 | 4,33 | 43,70 | 52,1 | 38,0 | 9,9 |
| 10—24 | 0,2110 | 0,3843 | 0,2877 | 10,55 | 32,03 | 12,51 | 55,09 | 19,2 | 58,1 | 22,7 |
| 24—27 | 0,2770 | 0,4778 | 0,3573 | 13,85 | 39,82 | 15,54 | 69,21 | 20,0 | 57,5 | 22,5 |
| 40—45 | — | — | 0,3714 | — | — | 16,15 | 34,64 | — | — | — |
| 60—65 | — | — | 0,3014 | — | — | 13,10 | 29,95 | — | — | — |
| 105—110 | — | — | 0,1586 | — | — | 6,90 | 42,66 | — | — | — |

Первоисточником поглощенного натрия в почве могут быть, конечно, любые соли натрия; в природе, повидимому, таковыми являются хлористый и сернокислый натр; само собою разумеется, что не исключена возможность появления в почве поглощенного натрия под влиянием воздействия на нее соды, если в почву вместе с просачивающимися водами попадает таковая из мест ее образования; принципиального различия в этих двух случаях нет; только при воздействии соды на почву надо иметь в виду следующие два момента: реагируя с поглощающим почвенным комплексом, она дает второй продукт взаимообмена, в противоположность хлористому и сернокислому натрию, очень трудно растворимый углекислый кальций (магний), а кроме того, концентрация соды в просачивающихся водах вообще должна быть очень низкой; поэтому сода в этих условиях до известного насыщения почвы натрием „исчезает“ очень полно.

Каким бы способом ни появлялся в почве поглощенный натрий, когда источником его является хлористый и сернокислый натрий, вследствие ли многократного периодического осоления почвы этими солями, или вследствие однократного появления (или первоначального их содержания в материнской породе) в почве этих солей, во всяком случае для проявления свойств поглощающего комплекса, содержащего погло-

## ТАБЛИЦА XV.

*Состав поглощенных катионов сильно солонцеватых почв различных мест Калифорнии, Аризоны, Невады, Юты, по W. P. Kelley и S. M. Brown*[1]).

| Откуда взята почва | Горизонты дм. | В %% от веса почвы | | | | В милли-эквивалентах | | | | Емкость поглощения в м.-экв. | Процентное содержание поглощенных катионов от емкости поглощения | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | Mg | K | Na | Ca | Mg | K | Na | | Ca | Mg | K | Na |
| 1. Fresno, Calf. . . . . | 0—12 | 0 | 0 | 0,024 | 0,082 | 0 | 0 | 0,61 | 3,56 | 4,17 | 0 | 0 | 14,63 | 85,37 |
| 2. Salt Lake, Utah . . . . . | 0—12 | 0 | 0 | 0,143 | 0,135 | 0 | 0 | 3,67 | 5,87 | 9,54 | 0 | 0 | 38,47 | 61,53 |
| 3. Fallon, Nev. . . . . | 0—6 | 0 | 0 | 0,031 | 0,563 | 0 | 0 | 0,79 | 24,48 | 25,27 | 0 | 0 | 3,13 | 96,87 |
| 4. Tuscan, Ariz. . . . . | 0—6 | 0 | 0 | 0,072 | 0,174 | 0 | 0 | 1,85 | 7,57 | 9,42 | 0 | 0 | 19,64 | 80,36 |
| 5. San Jacinto, Calf . . . . . | 0—12 | 0 | 0 | 0,084 | 0,473 | 0 | 0 | 2,15 | 20,57 | 22,72 | 0 | 0 | 9,46 | 90,54 |
| 6. „ „ „ . . . . . | 12—24 | 0 | 0 | 0,052 | 0,842 | 0 | 0 | 1,33 | 36,61 | 37,94 | 0 | 0 | 3,51 | 96,49 |
| 7. Davis, Calf . . . . . | 0—12 | 0,079 | 0,054 | 0,091 | 0,495 | 3,95 | 4,50 | 2,33 | 21,09 | 31,87 | 12,39 | 14,12 | 7,31 | 66,18 |
| 8. „ „ . . . . . | 12—24 | 0,053 | 0,078 | 0,072 | 0,472 | 2,65 | 6,50 | 1,85 | 20,52 | 31,52 | 8,41 | 20,62 | 5,87 | 65,10 |
| 9. „ „ . . . . . | 24—36 | 0,069 | 0,113 | 0,056 | 0,364 | 3,45 | 9,42 | 1,44 | 15,83 | 30 14 | 11,45 | 31,25 | 4,78 | 52,52 |
| 10. Los Alamitos, Calf . . . . . | 0—6 | 0 | 0 | 0,060 | 0,118 | 0 | 0 | 1,54 | 5.13 | 6,67 | 0 | 0 | 23,09 | 76,91 |
| 11. Logan, Utah . . . . . | 11—15 | 0 | 0 | 0,331 | 0,289 | 0 | 0 | 8,49 | 12,57 | 21,06 | 0 | 0 | 40,31 | 59,69 |
| 12. Los Alamitos, Calf . . . . . | 0—6 | 0,024 | 0 | 0,089 | 0,166 | 1,20 | 0 | 2,28 | 7,22 | 10,70 | 11,22 | 0 | 21,31 | 67,47 |
| 13. Chino, Calf . . . . . | 12—24 | 0,043 | 0,055 | 0,173 | 0,257 | 2,15 | 4,58 | 4,44 | 11,17 | 22,34 | 9,62 | 20,50 | 19,87 | 50,00 |
| 14. „ „ . . . . . | 24—36 | 0,050 | 0,039 | 0,135 | 0,215 | 2,50 | 3,25 | 3,46 | 9,35 | 18,56 | 13,47 | 17,52 | 18,64 | 50,38 |

[1]) *W. P. Kelley and S. M. Brown.* Base Exchange in Relation to Alkali Soils. Soil Science, Vol. XX, 1925, стр. 484.

щенный натрий, т. е. для проявления солонцеватости, необходимо рассоление почвы в той или другой степени; стадия солончаковой почвы в этом случае обязательно предшествует стадии солонцеватой почвы. Когда же источником поглощенного натрия является сода, для возникновения солонцеватой почвы стадия солончаковой почвы, конечно не обязательна [1]).

Обращаемся теперь к вопросу о тех свойствах, какие приобретает поглощающий почвенный комплекс, а вместе с ним и сама почва, под влиянием присутствия в нем поглощенного натрия. На этом вопросе нам приходилось останавливаться много раз и между прочим в статьях, помещенных в 1 ч. XXII т. Ж. Оп. Агр., а также в моей брошюре „Почва как культурная среда . . “, а поэтому здесь мы только кратко перечислим эти свойства.

Основное действие поглощенного натрия на поглощающий комплекс почв, которое уже в свою очередь обусловливает все остальные свойства такого комплекса, состоит в распыляющем действии этого

[1]) В какой мере может быть распространен в природе этот способ возникновения поглощенного натрия (воздействием соды на почву), трудно, конечно, сказать при полном отсутствии данных; одно можно утверждать, что этот источник поглощенного натрия по сравнению с хлористым и сернокислым натром играет лишь подчиненную роль.

Таблица XVI.

*Состав поглощенных катионов в среднесолонцеватых почвах различных мест штатов Калифорнии и Айдаго, по W. P. Kelley и S. M. Brown* [1]).

| Откуда взята почва | Горизонты, дм. | В % от веса почвы | | | | В мил.-эквивалентах | | | | Емкость поглощения в мил.-экв. | Процентное содержание поглощенных катионов от емкости поглощения | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | Mg | K | Na | Ca | Mg | K | Na | | Ca | Mg | K | Na |
| 1. Chino, Cal. . . . . | 0—12 | 0,186 | 0,080 | 0,142 | 0,148 | 9,30 | 6,67 | 3,64 | 6,43 | 26,04 | 35,71 | 25,61 | 13,98 | 24,69 |
| 2. Arlington, Cal. . . . . | 0—12 | 0,158 | 0,069 | 0,057 | 0,094 | 7,90 | 5,75 | 1,46 | 4,09 | 19,20 | 41,15 | 29,95 | 7,60 | 21,30 |
| 3. Caldwell, Idaho . . . . . | 0—12 | 0,178 | 0,062 | 0,060 | 0,153 | 8,90 | 5,17 | 1,54 | 6,65 | 22,26 | 39,98 | 23,23 | 6,92 | 29,87 |
| 4. Caldwell, Idaho . . . . . | 0—12 | 0,261 | 0,098 | 0,071 | 0,150 | 13,05 | 8,17 | 1,82 | 6,52 | 29,56 | 44,15 | 27,64 | 6,16 | 22,06 |
| 5. Los Alamitos, Cal. . . . . | 0—6 | 0,172 | 0,000 | 0,103 | 0,124 | 8,60 | 0,00 | 2,64 | 5,39 | 16,63 | 51,72 | 0,000 | 15,87 | 32,41 |

[1]) *W. P. Kelley and S. M. Brown.* Base Exchange in Relation to Alkali Soils. Soil Science, Vol. XX, 1925, стр. 485.

катиона, в том, что вследствие вступления его в этот комплекс, последний приобретает способность сильно повышать степень дисперсности своих частиц; под влиянием вступившего в поглощающий комплекс натрия комплекс этот, а вместе с ним и сама почва, становится значительно более „коллоидальными", нежели в том случае, когда поглощенными основаниями являются только кальций и магний; у почвы появляется сильная клеющая способность, почему почва в сухом состоянии приобретает в зависимости от степени солонцеватости более или менее крупную и очень прочную структуру; но свертывание этого коллоидально раздробленного поглощающего комплекса при высыхании почвы представляет процесс обратимый, и потому увлажненная почва теряет свою структуру, так как поглощающий комплекс под действием воды снова распыляется до прежней степени дисперсности; почва во влажном состоянии обладает вязкостью и клейкостью. Тем же обусловливается повышенная водоудерживающая сила, набухаемость, слабая водопроницаемость, медленное поднятие воды и т. д. Такое действие поглощенного натрия вызывается тем, что почвенный раствор в этом случае содержит некоторое количество гидроксильного иона, стабилизирующего распыленность поглощающего комплекса, а катионом, отвечающим этому аниону в данном случае является натрий, свертывающее действие которого значительно ниже стабилизирующего действия гидроксила. Приписывать эти свойства солонцеватых почв соде неправильно; сода в почве сама является следствием присутствия в почве поглощенного натрия; оба эти явления (солонцеватость и присутствие соды)—явления сопутствующие, вызываемые одной и той же причиной; сода, наоборот, как и всякий электролит свертывает, и если бы возможно было поставить почву в такие условия, чтобы образующееся очень небольшое количество в почвенном растворе гидрата окиси натрия не переходило частично в соду, и сода не возникала бы там другим путем (реакцией обмена с углекислым кальцием), то коллоидальность почвы только бы повысилась. Подтверждение этому мы видим и в природе—солонцеватые горизонты, вовсе не содержащие углекислого кальция (столбчатые горизонты), при одних и тех же прочих условиях более „коллоидальны", нежели при содержании даже малых количеств углекислого кальция (подстолбчатые горизонты), а в первом случае соды значительно меньше, чем во втором; эту меньшую коллоидальность нельзя объяснить присутствием углекислого кальция; он в твердом состоянии понизить коллоидальность при малом его количестве (напр., 1%) не может; в растворе же его в этом случае чрезвычайно мало, так как присутствующая сода очень сильно понижает его и без того малую растворимость.

Следующее свойство почв, содержащих натрий в их поглощающем комплексе, свойство, имеющее большое с.-х. значение, это присутствие в их почвенном растворе соды, которую в противоположность другим легкорастворимым солям нет возможности вымыть из почвы,

пока в поглощающем комплексе остается еще поглощенный натрий; этот натрий представляет источник катиона соды; если сода попала в почву как таковая со стороны, например, поднялась с грунтовыми водами или вследствие бокового подтека воды, то она и в этом случае в первую очередь является источником поглощенного натрия, и после прекращения притока ее в почву источником катиона для образующейся в почве соды опять таки будет поглощенный натрий. Указывается еще на один источник соды в почве (К. Д. Глинка), который, однако, нужно рассматривать также в сущности как источник поглощенного натрия,—это разложение органических веществ с образованием карбоната из содержащегося в них натрия. Но этот источник поглощенного натрия играет в природе во всяком случае ничтожную роль по сравнению с ролью в этом явлении таких распространенных натриевых солей, какими являются хлориды и сульфаты [1]). Таким образом источником соды в почве является поглощенный натрий почвенного поглощающего комплекса (приток соды в почву со стороны тогда может быть серьезным источником соды в этой почве, когда поглощающий комплекс ее уже насыщен натрием), главным же источником поглощенного натрия—хлористый и сернокислый натрий, углекислый же натрий может иметь лишь подчиненное, чисто местное значение.

В почвах, поглощающие комплексы которых содержат поглощенный натрий, сода может образоваться как продукт реакции двойного обмена с катионами щелочноземельных карбонатов или, в отсутствии таковых, с водородным ионом почвенной влаги; и тому и другому процессу, очевидно, способствует присутствие в почвенном растворе углекислоты. В зависимости от того, чем вытесняется поглощенный натрий из солонцеватой почвы, щелочноземельными ли металлами или водородным ионом, т. е. в зависимости от того, содержит ли солонцеватая почва (или солонцеватый горизонт) щелочноземельные карбонаты или нет (а также от того поднимаются ли последние из нижних горизонтов с водами в эти горизонты), результат дальнейшего почвообразовательного процесса (с того момента, когда почва, рассолившись, превратилась в солонцеватую), характер и свойства возникающего нового почвенного образования будут резко различны. Для объяснения такого различия нам необходимо остановиться еще на одном свойстве поглощающего комплекса, содержащего поглощенный натрий,

---

[1]) Если бы в действительности образование соды в почве этим путем играло заметную роль в природе, то особо сильного накопления соды надо было бы ожидать в почвах, засоленных хлоридами и сульфатами натрия, так как, именно, в этих случаях растения должны быть особенно богаты натрием; а между тем мы видим как раз обратное: в общем чем выше содержание в почве этих солей, тем меньше в ней соды. Повидимому, растения, обогащенные натрием, богаты вместе с тем анионами серной и хлористоводородной кислоты, и при разложении растительных остатков образуются хлориды и сульфаты натрия.

резко отличающем его от комплексов, насыщенных щелочноземельными металлами, и обусловленном также его высокой степенью дисперсности. А именно, благодаря этой повышенной распыленности вода действует на комплекс, содержащий натрий, гораздо интенсивнее, нежели на комплекс, насыщенный щелочноземельными металлами; поглощающий комплекс этих почв отличается большой неустойчивостью; гуматная часть его настолько распыляется в воде, что получаются растворы, стоящие на границе коллоидальных и молекулярных, а алюмосиликатная часть подвергается усиленному разложению, с энергичным распадом алюмосиликатного ядра на составляющие его окислы. В подтверждение громадного различия в растворяющем и разлагающем действии воды на почвенный поглощающий комплекс при содержании в нем поглощенного натрия и при содержании в нем только поглощенных кальция и магния приведу несколько данных из моих исследований. Опыты велись с пахотным горизонтом суглинистого чернозема, поглощающий комплекс которого в естественном состоянии вовсе не содержит поглощенного натрия; в комплекс этого образца искусственно был введен натрий, и почва продиализирована до полного удаления натриевой соли, раствором которой чернозем обрабатывался.

Опыт I. 5 гр. почвы на воронке промывались одним литром воды (вода каждый раз приливалась на воронку небольшими порциями). Были взяты четыре навески: первоначальная почва; почва с поглощенным натрием; тоже, но промывающая вода была насыщена углекислотой; почва с поглощенным натрием, смешанная с 0,5 гр. углекислого кальция. Анализ промывных вод дал следующие результаты (в % от веса сухой почвы).

| | Сумма минер. веществ. | $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | $SiO_2$ | CaO | MgO | $Na_2CO_3$ | Растворимый гумус в к. см. 0,05 п. $MnO_4K$ на 100 гр. почвы. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Почва первонач. . . . | 0,09 | Следы | 0,016 | 0,042 | Неопр. | | Неопр. |
| 2. „ с поглощ. Na . | 1,88 | 0,89 | 0,296 | 0,022 | 0,038 | 0,46 | 11120 |
| 3. Тоже + $CaCO_3$ . . . . | 2,40 | следы | 0,026 | 0,163 | 0,701 | 1,45 | неопр. |
| 4. Почва с поглощ. Na, вода насыщ. $CO_2$ . . . | 3,28 | 1,72 | 0,464 | 0,036 | 0,061 | 0,94 | „ |

Примечание 1. Мел содержал довольно много углекислого магния.

Примечание 2. Промывные воды почв 1 и 3 были почти бесцветны, почвы 4 — слабо окрашены органическим веществом, почвы же 2 — очень интенсивно окрашены.

Опыт 2. Из навесок первоначального чернозема (тот же образец, что в предыдущем опыте) и чернозема с поглощенным натрием (тот же образец, что в предыдущем опыте) было сделано по 7 последовательных вытяжек; общий фильтрат проанализирован. На 100 гр. сухой почвы было найдено:

| | Прокален. сухой остаток. | Потеря от прокаливания. | $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. Почва первонач. . . . | 0,12 | 0,08 | Следы | 0,02 |
| 2. „ с поглощ. Na . | 2,20 | 1,60 | 0,74 | 0,46 |

Приведенные данные определенно показывают, что для одного и того же эффекта, например, для одинакового выщелачивания полуторных окислов, в случае солонцеватой почвы требуется во много раз меньшая степень увлажнения, нежели в случае такой же почвы во всех остальных отношениях, но не содержащей в поглощающем комплексе натрия.

Таким образом, солонцеватые почвы, как объект последующего почвообразования, значительно легче, нежели почва несолонцеватая с поглощающим комплексом, насыщенным щелочно-земельными металлами, подвергаются действию воды с выносом оснований (натрия), и гумуса и с разложением алюмосиликатной части [1]); этот процесс в данном случае для достижения той же стадии требует и значительно меньшего времени и может резко проявиться при значительно более засушливом климате, нежели в случае почв, насыщенных только кальцием и магнием; этот процесс образования нового типа почвы из солонцеватой почвы, как материнской породы, приводит к почвам, солодям, отличным от подзолистых почв и по своему генезису и по свойствам получающегося образования, а потому процесс образования солодей правильнее обозначать иным термином, не подзолообразованием, а, например, осолодением.

И вот благодаря такой повышенной разлагаемости водою поглощающего комплекса, содержащего натрий, солонцеватые почвы (или горизонты) сравнительно быстро даже при климате сравнительно очень сухом подвергаются осолодению с разрушением той части поглощающего их комплекса, которая была насыщена натрием; можно с уверенностью утверждать, что очень многие деградированные и „оподзоленные“ почвы в зонах более засушливых, нежели дерново-подзолистая, произошли, именно, таким путем — путем деградации ранее залегавших здесь солонцеватых почв, появление которых в этих местах в свою очередь было вызвано засоленностью натриевыми солями,

[1]) Подробнее см. в моих статьях: „Почвы, ненасыщенные основаниями“... и „Ультрамеханический состав почвы“... Ж. Оп. Агр., т. 22, ч. I, стр. 1 и 27.

имевшей в прежние времена, очевидно, большее распространение, нежели теперь [1]. В таб. XVII привожу для иллюстрации данные, полученные Е. Н. Ивановой в нашей лаборатории, для состава поглощенных катионов в двух образцах солодей.

Таблица XVII.

*Состав поглощенных катионов в солодях (анализ Е. Н. Ивановой).*

| Уезд | Горизонты стм. | % содержания в почве поглощенных катионов | | | Содержание в почве поглощенных катионов в мил.—экв. | | | Емкость поглощения в мил.—эквив. | Процентный состав поглощенных катионов (м.—экв). | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | Mg | Na | Ca | Mg | Na | | Ca | Mg | Na |
| Ишимский | 0— 5 | 0,258 | 0,107 | 0,041 | 12,9 | 9,0 | 1,8 | 23,7 | 54,5 | 37,9 | 7,6 |
| | 5— 10 | 0,075 | 0,048 | 0,025 | 3,7 | 4,0 | 1,1 | 8.8 | 42,3 | 45,6 | 12,1 |
| | 12— 17 | 0,099 | 0.044 | 0.025 | 5,0 | 3,6 | 1.1 | 9,7 | 51.0 | 37,9 | 11,1 |
| | 40— 45 | 0,384 | 0,189 | 0,037 | 19,2 | 15,7 | 1,6 | 36,5 | 52,5 | 43,0 | 4,5 |
| | 60— 65 | 0 449 | 0,222 | 0,048 | 22,5 | 18,5 | 2,1 | 43,1 | 52,1 | 43,0 | 4,9 |
| | 110—115 | — | — | 0,051 | — | — | 2,2 | 39,5 | — | — | 5,6 |
| Челябинский | 0— 5 | 0,166 | 0,056 | 0,077 | 8,3 | 4,7 | 3.3 | 16,3 | 50,9 | 28,8 | 20,2 |
| | 5— 10 | 0,355 | 0,116 | 0,056 | 17,8 | 9,6 | 2,4 | 29,8 | 59,7 | 32,2 | 8,1 |
| | 10 – 15 | 0,152 | 0,046 | 0,046 | 7,6 | 3,8 | 2,0 | 13,4 | 56,7 | 28,4 | 14,9 |
| | 20 – 25 | 0,064 | 0,020 | 0,018 | 3,2 | 1,6 | 0,8 | 5,6 | 57,1 | 28,6 | 14,3 |
| | 40 – 45 | 0,254 | 0,118 | 0,060 | 12,7 | 9.8 | 2,6 | 25;1 | 50.6 | 39,0 | 10.4 |
| | 100—105 | 0,228 | 0,101 | 0,049 | 11,4 | 8,4 | 2,1 | 21,9 | 52,1 | 38,4 | 9,6 |

Но процесс осолодения может протекать в солонцеватых почвах, по крайней мере с полной его силой, лишь тогда, когда почва не содержит карбонатов щелочно-земельных металлов; в присутствии последних натрий поглощающего комплекса постепенно заменяется щелочно-земельными металлами; сильное разлагающее действие воды низводится, если не до такой же интенсивности, какая имеет место в почвах с поглощенными Ca и Mg (см. тб. на стр. 78), то во всяком случае очень

[1]) Насколько неестественно допущение образования „подзолообразных" почв в области сухих степей путем подзолообразовательного процесса для вдумчивого исследователя, показывает отношение к этому вопросу П. С. Коссовича; например, в своих „Основах учения о почве" (ч. II, вып. I, 1911 г., стр. 115) он говорит: „процесс образования серобурых почв представляет много своеобразных черт; однако же, как выше указано (стр. 55), ближайшие причины, обусловливающие особенности этого процесса, остаются еще весьма мало разъясненными. Несмотря на то, что серобурые почвы образовались при недостатке влаги, процессы выщелачивания проявились в них сравнительно резко". Теперь, с точки зрения выше изложенного, происхождение этих почв совершенно ясно; это осолоденные в той или другой степени бывшие некогда солонцеватыми почвы.

сильно понижается; возможно, что здесь продукты разложения алюмосиликатного ядра и высокодисперсные гуматы коагулируют под действием растворенных карбонатов кальция и магния; одним словом, аналогично тому, как углекислый кальций и магний защищают почвы таежной зоны от оподзаливания, эти соли защищают солонцеватые почвы от осолодения; таким образом, если засоленная натриевыми солями почва, содержащая карбонаты щелочных земель, рассоляясь, превратится в солонцеватую, то дальнейшая судьба такого почвенного образования будет иная, нежели в отсутствии этих карбонатов; получается лишь слабое осолодение, и образуется почва примерно такая же, какой она была до стадии засоления, с сравнительно ничтожной потерей поглощающего комплекса (главным образом его органической части).

В схеме, изображающей эволюцию почвы, засоленной натриевыми солями:

| | | |
|---|---|---|
| Почва засоленная натриевыми солями. В поглощающем комплексе содержится натрий; кроме того почва содержит растворимые соли натрия. | → Почва рассоленная (солонцеватая). В поглощающем комплексе имеется натрий; растворимые соли натрия вымыты из почвы. | → Деградированная солонцеватая почва. Из почвы удалены не только растворимые соли натрия, но и поглощенный натрий из поглощающего комплекса. |

в том случае. когда почва не содержит щелочно-земельных карбонатов, крайние члены будут сильно различаться между собой и по содержанию поглощающего комплекса и по его составу; степень различия будет находиться в зависимости от степени солонцеватости почвы. В том же случае, когда почва содержит щелочно-земельные карбонаты, конечное звено схемы и по величине минерального комплекса и по составу его анионной части может почти совершенно совпадать с начальным звеном, только место поглощенного натрия в нем будет занимать кальций (и магний); если мы возьмем для примера чернозем, засоленный натриевыми солями, то в результате указанной эволюции в первом случае (бескарбонатная почва) получим солодь (вторичный подзол), а во втором (карбонатный чернозем)—черноземную же почву, отличающуюся от незасоленного чернозема глав. обр. меньшей гуматной частью. Последний случай, по моему мнению, имеет место, напр., в области Днепровского ледникового языка, где, повидимому, многие теперь уже не солонцеватые почвы представляют деградированные, осолодевшие солонцы [1]).

Среди солей, засоляющих почвы засушливого климата, большое распространение кроме натриевых солей имеет сернокислый кальций (и магний); в том случае, когда в почве имеется только эта соль, разумеется, не может быть речи о переходе почвы при рассолении ее

[1]) Подробнее см. мою статью в Отчете Хим. Отд. Носовской с.-х. опытн. станции за 1923 год; а также мои статьи: „К вопросу об ест.-истор. районе Носовской с.-х. оп. станции“, 40 вып. Трудов Носовской с.-х. оп. станции; „Осолодение почв“, 44 вып.

в солонцеватую; чистые кальциевые солончаковые почвы и почвы, получающиеся из них в случае рассоления, подобно почвам черноземной зоны, в своем поглощающем комплексе, также насыщенном основаниями, не содержат поглощенного натрия; но в отличие от чернозема поглощающий комплекс их беднее гуматной частью и относительно беден магнием.

Смешанные натриево - кальциевые солончаковые почвы будут в своем поглощающем комплексе содержать натрий, количество которого будет находиться в зависимости от соотношения между концентрациями натриевых и кальциевых солей; при рассолении они могут дать как солонцеватые, так и несолонцеватые почвы, подобные тем, какие получаются из чисто гипсовых солончаковых почв; вследствие значительно меньшей растворимости гипса и большей энергии поглощения кальция, солонцеватые почвы из таких солончаковых могут получиться лишь в случае малого содержания гипса; при более или менее значительном содержании его и даже при очень больших количествах натриевых солей в результате рассоления получится несолонцеватая почва. Таким образом, подобно тому, как углекислый кальций в случае его присутствия предохраняет почвы таежной зоны от оподзаливания (и приводит в условиях климата подзолистой зоны к образованию почв черноземного типа), а солонцеватые почвы более засушливых зон — от осолодения, гипс предохраняет почвы засушливых районов от солонцеватости. Для иллюстрации этого положения, непосредственно вытекающего из моей теории солонцов [1]), приведу данные Kelley и Brown'a для ряда солончаковых почв Калифорнии, содержащих растворимые соли кальция на ряду иногда с большими количествами солей натрия (см. тб. XVIII), показывающие, что после рассоления таких почв в поглощающем их комплексе почти вовсе не содержится поглощенного натрия, т.-е. что такие солончаки превращаются в несолонцеватые почвы (см. тб. XIX).

Таким образом в описываемой здесь области, в области с недостаточным увлажнением, почвенный поглощающий комплекс на ряду со щелочно-земельными металлами будет содержать поглощенный натрий (а как следствие этого в некоторых случаях и поглощенный водород) [2]); кроме того здесь будут встречаться почвы при гипсоносных материнских породах, в поглощающем комплексе которых будет содержаться только кальций и магний, а может быть и только один кальций; т.-е. в последних условиях в пустынно-степной зоне будем иметь почвы черноземного типа почвообразования.

---

[1]) См. мою ст. „Засоленные почвы и их улучшение". Ж. О. Агр. 1917 г.

[2]) Вопрос о присутствии в осолодевших и осолодевающих почвах поглощенного водорода еще недостаточно ясен, также как и вообще вопрос о дальнейшей судьбе солодей; для выяснения того и другого нет еще достаточного материала как полевого, так и лабораторного. Во всяком случае в некоторых образцах солодей мне удавалось констатировать ясное присутствие ненасыщенности, в других же ее вовсе не было.

## Таблица XVIII.

*Содержание водорастворимых солей (в частях на миллион частей почвы) в натриево-кальциевых солончаковых почвах Калифорнии, дающих после рассоления несолонцеватые почвы, по Kelley и Brown'y* [1]).

| №№ | Место взятия почвы | Горизонты дм. | Ca | Mg | K | Na | $CO_3$ | $HCO_3$ | Cl | $SO_4$ | $NO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fresno, Cal. | 0 - 12 | 610 | 230 | 188 | 2.744 | 0 | 214 | 2.350 | 695 | 5.000 |
| 2 | Sutter Basin Cal. | 0—12 | 253 | 175 | 18 | 552 | 0 | 61 | 1.282 | 708 | 9 |
| 3 | Mendota Cal. | 36—72 | 2.175 | 488 | 32 | 1.280 | 0 | 229 | 443 | 9.073 | 0 |
| 4 | Imeprial Cal. | 0 12 | 1.551 | 491 | 152 | 3.609 | 0 | 168 | 7.812 | 2.523 | 194 |
| 5 | „ „ | 0 - 12 | 2.830 | 3.211 | 504 | 14.082 | 0 | 168 | 31.904 | 4.830 | 165 |
| 6 | „ „ | 12—24 | 2.603 | 428 | 211 | 5.540 | 0 | 153 | 8.496 | 7.569 | 435 |
| 7 | Holtville Cal. | 0 - 12 | 3.498 | 800 | 262 | 5.916 | 0 | 168 | 10.195 | 9.868 | 510 |
| 8 | „ „ | 12—24 | 880 | 340 | 128 | 2.630 | 0 | 290 | 3.009 | 4.635 | 200 |
| 9 | Santa Ana Cal. | 0—12 | 2.772 | 1.617 | 2.000 | 15.105 | 0 | 305 | 18.160 | 22.245 | 0 |

[1]) *W. P. Kelley and S. M. Brown.* Base Exchange in Relation to Akali Soils. Soil Science, Vol. XX, 1925, стр. 483.

*Таблица XIX.*

*Состав поглощенных катионов в солончаковых почвах Калифорнии, содержащих растворимые кальциевые соли, по Kelley и Brown'y* [1]).

| №№ по порядку | Место взятия почвы | Горизонты дм. | В % от веса почвы | | | | В милл-эквивалентах | | | | Емкость поглощения в м.-экв. | Процентное содержание поглощенных катионов от емкости поглощения | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ca | Mg | K | Na | Ca | Mg | K | Na | | Ca | Mg | K | Na |
| 1 | Fresno, Cal. . . . . | 0—12 | 0,151 | 0,051 | 0,047 | 0,030 | 7.55 | 4.25 | 1,21 | 1.30 | 14,31 | 52,76 | 29,69 | 8,46 | 9,09 |
| 2 | Sutter Basin, Cal. . . . | 0—12 | 0,380 | 0,162 | 0,040 | 0,047 | 19,00 | 13.50 | 1,03 | 2,43 | 35,96 | 52,84 | 37,54 | 2,86 | 6,76 |
| 3 | Mendota, Cal. . . . . | 36—72 | 0,333 | 0,074 | 0,014 | 0,019 | 16,65 | 6,17 | 0,36 | 0,83 | 24,01 | 69,35 | 25,70 | 1,50 | 3.46 |
| 4 | Imperial, Cal. . . . . | 0—12 | 0,332 | 0,112 | 0,053 | 0,044 | 16,60 | 9,33 | 1.36 | 1,91 | 29,20 | 56,85 | 31,95 | 4,66 | 6.54 |
| 5 | Imperial, Cal. . . . . | 0—12 | 0,433 | 0,089 | 0,029 | 0,025 | 21,65 | 7,42 | 0,74 | 1,09 | 30,90 | 70,06 | 24,01 | 2,39 | 3,53 |
| 6 | Imperial, Cal. . . . . | 12—24 | 0,511 | 0,062 | 0,025 | 0,011 | 25,55 | 5,17 | 6,41 | 0,48 | 37,61 | 67,93 | 13,75 | 17,04 | 1,28 |
| 7 | Holtville, Cal. . . . . | 0—12 | 0,554 | 0,093 | 0,019 | 0,015 | 27,70 | 7,75 | 0,49 | 0,65 | 36,59 | 75,70 | 21.18 | 1 34 | 1,78 |
| 8 | Holtville, Cal. . . . . | 12—24 | 0,460 | 0,113 | 0.032 | 0,005 | 23,00 | 9,42 | 0,84 | 0,22 | 33,48 | 68,70 | 28,14 | 2,51 | 0,66 |
| 9 | Santa Ana Cal. . . . . | 0—12 | 0,594 | 0,109 | 0,034 | 0,022 | 29,70 | 9,08 | 0,87 | 0,95 | 40,60 | 73 15 | 22,36 | 2,14 | 2,34 |

[1]) *W. P. Kelley and S. M. Brown.* Base Exchange in Relation to Alkali Soils. Soil Science, Vol. XX, 1925, стр. 485.

Относительно анионной части поглощающего комплекса почв этой области можно сказать следующее.

1) Анионная часть органического комплекса здесь меньше, нежели в почвах черноземной зоны; ее количество все убывает с возрастанием засушливости и по сравнению с таковою в черноземных почвах и по сравнению с анионной частью минерального комплекса самой почвы; отношение между величинами гуматной части и цеолитной части становится все меньше по мере ухудшения условий увлажнения. Растворимость гуматной части в воде у этих почв выше, чем у чернозема и повышается с увеличением засушливости (распыляющее действие поглощенного натрия).

2) Мы видели, что в черноземных почвах отношения между $2SiO_2 : Al_2O_3$, извлекаемыми из почвы щелочью, вообще больше единицы: в почвах более засушливых районов оно еще больше, особенно в почвах, затронутых процессом осолодения; в типичных солодях это отношение может достигать очень большой величины; в то время как щелочь здесь извлекает глинозема примерно столько же (около 0,5%), а иногда и значительно меньше, количество кремнекислоты в некоторых исследованных нами образцах достигало выше 10%; здесь можно определенно говорить о содержании в этих почвах аморфной кремнекислоты; вообще осолодение почв в противоположность оподзаливанию сопровождается накоплением в осолодевающем горизонте аморфной кремнекислоты [1]).

3) Слабая соляная кислота (0,05 норм) извлекает из почв засушливых районов, в противоположность черноземам, больше кремнекислоты, нежели глинозема.

Подводя общий итог изложенному о почвенном покрове областей, более засушливых, нежели область типичного чернозема, с точки зрения состава поглощенных катионов, укажем прежде всего на очень малую изученность этого вопроса; естественно поэтому, нижеизложенное будет очень схематично. Общий фон почвенного покрова слагается здесь почвами разной степени солончаковатости и солонцеватости, усиливающейся по мере движения от черноземной зоны на Ю. В., то есть почвами, насыщенными основаниями, между которыми большее или меньшее участие принимает поглощенный натрий [2]); почвы солонцеватые могут встречаться тут (в зависимости от местных условий увлажнения, соленосности грунтов, высоты грунтовых вод),

[1]) Сводка данных содержания аморфной $SiO_2$ в различных типах почвы приведена мною в статье „Осолодение почв"; см. также ниже, стр. 89 и далее.

[2]) В сущности говоря, стадию солонцеватости (содержание в поглощающем комплексе поглощенного натрия) должна была пережить каждая почва или же рыхлые материнские породы, из которых почва образовалась, независимо от того, были ли материнские породы первоначально засолены натриевыми солями. Вопрос может заключаться лишь в том, какова могла быть степень солонцеватости почвы при этом и какова была продолжительность этой стадии солонцеватости: в этом вопросе кроме условий климата существенное значение должна была сыграть карбонатность (и гипсоносность) материнской породы.

разной степени осолодения, начиная от вовсе неосолоденных до вполне осолодившихся; в связи с этим в рассматриваемой области будут встречаться не только почвы, насыщенные основаниями, но и такие, в которых поглощающий комплекс в той или другой степени разрушен с накоплением аморфной кремнекислоты и некоторого количества поглощенного водорода; ненасыщенность эта, ввиду очень легкой разрушаемости комплекса, насыщенного натрием, малой величины гуматной его части и ничтожному ежегодному новообразованию гуматной части, сравнительно с ненасыщенностью почв влажных областей может быть лишь очень небольшая. В этой же зоне, кроме почв типичных для нее, должны встречаться и почвы черноземного типа почвообразования, аналогично черноземным почвам (перегнойно-карбонатным) дерново-подзолистой зоны, т.-е. почвы, поглощающий комплекс которых насыщен основаниями и при том только кальцием и магнием (а в некоторых случаях быть может почти исключительно кальцием), а анионная часть которых не подвергалась сколько нибудь заметному разложению. В каких условиях могут возникнуть в засушливой области подобные почвы? К таким почвам, во-первых, могут быть отнесены те очень слабо солонцеватые почвы, а также происшедшие из них солоди, у которых солонцеватость и осолодение настолько слабо выражены, что имеющиеся методы исследования этих свойств (методы в общем еще очень грубые) недостаточны для ясного их обнаруживания. Во вторых, к ним будут причислены те разности осолодевших почв, которые произошли из солонцеватых, содержащих углесоли щелочноземельных металлов, и в которых, вследствие защитной роли этих карбонатов, поглощающий комплекс лишился поглощенного натрия, не изменив сколько нибудь заметно своей алюмосилик. анионной части. В третьих, к ним будут несомненно относиться все почвы, образующиеся в присутствии таких количеств гипса, что ион натрия или не может вступать в поглощающий комплекс или же, если и вступает туда, то при рассолении вытесняется кальцием. Могут ли подобные почвы (с комплексом, насыщенным кальцием и магнием и не подвергнувшимся сколько нибудь заметному разложению) возникать в засушливых областях иным путем? Стоя на той точке зрения, что при засушливом климате почвы засоление легко растворимыми солями происходит не только вследствие соленосности материнских пород, а также вследствие накопления этих солей, как продуктов почвообразования (точка зрения, как мы указывали выше, еще недостаточно обоснованная непосредственными данными, но, по нашему мнению, все таки более приемлемая, нежели какая либо другая), мы должны ответить на этот вопрос отрицательно. Самым существенным отличием этих черноземовидных почв засушливых областей от почв черноземной области будет меньшее участие гуматной части в общей величине поглощающего комплекса, все большее и большее преобладание в нем по мере увеличения засушливости алюмо-силикатной части.

## III. Подзолистый тип почвообразования.

Обращаемся теперь к тому случаю, когда условия увлажения почвы по сравнению с теми, от которых мы исходили и которые приводят к образованию почв с насыщенным кальцием и магнием поглощающим комплексом, имеющим относительно большую гуматную часть, начинают изменяться в сторону более сильного увлажнения.

Усиление увлажнения должно сказаться прежде всего на постепенном понижении горизонта вскипания; углесоли щелочно-земельных металлов по мере этого усиления будут вымываться все ниже и ниже, и мы достигнем, наконец, такой области, когда в верхних почвенных горизонтах не только не будет карбонатов в твердом состоянии, но они не будут также подыматься сюда в растворе почвенных вод (по крайней мере в течение известного периода года); мы будем иметь область выщелоченного чернозема, область почв, лишенных не только растворимых солей, но и трудно растворимых карбонатов [1]). Это область почв, уже подготовленных к следующей стадии почвообразования, которая и констатируется при дальнейшем усилении условий увлажнения. До области выщелоченного чернозема водородный ион воды, даже усиленный водородным ионом растворенной в почвенной влаге углекислоты, вследствие крайне ничтожной его концентрации, не мог вступать в поглощающий комплекс почвы; этому препятствовали катионы солей (преимущественно кальций и магний) почвенного раствора; когда же концентрация этих катионов значительно понизилась, достигла очень малой величины, водородный ион получает возможность, вследствие своей высокой энергии поглощения (вытеснения), конкурировать с кальцием и магнием за место в поглощающем комплексе. Очевидно, что с этого, именно, момента, именно с той степени увлажнения, при которой такая конкуренция становится возможной, мы вступаем в область почв, поглощающий комплекс которых будет уже содержать поглощенный водород, т.-е. в область почв, ненасыщенных основаниями. Области с подобными условиями увлажнения имеются, как на север от чернозема, так и на юг от него; область севернее чернозема—дерновоподзолистая зона,—примыкает к нему, непосредственно соединяясь с ним деградированным черноземом (северный чернозем, лесные суглинки); область деградированного чернозема представлена почвами, в которых процесс замещения поглощенных оснований водородным ионом находится в настоящее время в начальной стадии и может быть уже с несомненностью констатирован нашими методами; это почвы, очень слабо ненасыщенные основаниями

[1]) Во избежание недоразумения должен оговориться, что вышеуказанное понимаю, конечно, не как полное отсутствие солей в почвенном растворе этих почв; они, конечно, имеются, но лишь как продукт почвообразовательного процесса в данный момент, но не накопления этих продуктов процесса почвообразования предшествующих периодов.

(если не все время года, то в известные его периоды); с дальнейшим изменением климата почвы в сторону большого увлажения процесс замещения поглощенных оснований постепенно все усиливается; относительное количество водорода, вступившего в поглощающий компекс, все увеличивается. Таким образом вся эта область (деградированный чернозем и оподзоленные почвы таежной зоны) характеризуется поглощающим комплексом, содержащим на ряду с большими или меньшими остатками в нем поглощенных кальция и магния, поглощенный водородный ион. Но как нами доказано [1]), устойчивость поглощающего комплекса почвы (в отношении разлагающего и растворяющего действия воды) находится в тесной зависимости от рода поглощенных катионов. Из поглощенных катионов, до настоящего времени обнаруженных в почвах, наибольшую устойчивость поглощающему комплексу придают кальций и магний; об абсолютной устойчивости комплекса с этими поглощенными основаниями говорить, конечно, не приходится; он, разумеется, и растворяется и разлагается, но значительно слабее, чем при других естественных комбинациях поглощенных катионов; то обстоятельство, что накопления где либо продуктов распада и растворения [2]) поглощающего комплекса вообще не констатировано в черноземах, вполне насыщенных кальцием и магнием, еще не доказывает противного. Во 1-х, здесь надо иметь ввиду недостаточную чувствительность наших методов валового определения в почвах кремнекислоты и полуторных окислов: напр., при 60% кремнекислоты результаты анализа 59 и 61% нужно считать находящимися в пределах точности метода [3]). Во 2-х, очень возможно, что в условиях комплекса, насыщенного кальцием и магнием, благодаря присутствию в почвенном растворе достаточного количества сильно коагулирующих катионов и благодаря взаимной коагуляции, имеет место новообразование поглощающего комплекса из получающихся продуктов его распада в местах их возникновения. Во всяком случае поглощающий комплекс в почвах, где он насыщен кальцием и отчасти магнием, обладает, сравнительно с комплексами иных почв, наибольшей устойчивостью.

---

[1]) См. мою статью „Почвы, ненасыщенные основаниями"..., Ж. Оп. Агр. т. XXII, ч. I, стр. 1 и „Подвижность почвенных соединений..."", 1926 г.

[2]) О растворении приходится говорить главным образом в отношении гуматной части поглощающего комплекса; она, конечно хотя и слабо, но в воде растворяется; представляют ли глубокие гумусовые горизонты степных почв результат накопления продуктов этого растворения гуматной части или же это всегда погребенная почва, вопрос, как известно, до сих пор окончательно не решен; но, по моему мнению, в тех случаях, когда эти глубокие горизонты не являются погребенными, они—результат выщелачивания гуматной части чернозема в той его стадии, когда он был еще солонцеватым.

[3]) Для решения вопроса о вымывании полуторных окислов из верхнего горизонта чернозема можно рекомендовать значительное количество параллельных определений с применением теории вероятности.

Наименьшей устойчивостью из известных нам поглощающих комплексов обладает, как это уже указывалось раньше, комплекс солонцеватых почв, содержащий поглощенный натрий.

Промежуточное положение между этими двумя крайностями занимает поглощающий комплекс, содержащий поглощенный водород; разлагается и растворяется он, хотя и далеко не так легко, как комплекс с поглощенным натрием, но всетаки значительно быстрее, нежели поглощающий комплекс черноземных почв. Таким образом, в почвах достаточно влажных областей, водородный ион почвенной влаги, не встречая здесь достаточной конкуренции других катионов, постепенно вытесняет имеющиеся в поглощающем комплексе этих почв основания, превращая его в ненасыщенный и делая его этим более доступным дальнейшему воздействию воды: гуматная его часть становится более растворимой, а алюмосиликатная легче разлагается водой с распадом ее на отдельные окислы; совокупность этих двух процессов, из которых второй является следствием первого, и является сущностью того процесса почвообразования, который имеет место при условиях достаточного увлажнения почвы и который для зоны таежной получил название подзолообразования [1]); к этому еще необходимо добавить, что благодаря тем же климатическим условиям почвы, а также характеру растительности (главным образом характеру корневой системы древесной растительности) гуматная часть поглощающего комплекса по абсолютной величине уступает гуматной части черноземных почв, но по отношению к величине алюмосиликатной части поглощающего комплекса может не только не уступать, но быть может и значительно превосходить (исследований в этой области еще не имеется). Дело в том, что хотя разрушению и вымыванию, вследствие ненасыщенности комплекса, подвергаются обе эти части, и гуматная, по всей вероятности, даже более энергичному, но новообразование гуматной части совершается беспрерывно и очень энергично, между тем как новообразование алюмосиликатного комплекса в верхних горизонтах ($A_1$ и особенно $A_2$), если и происходит, то чрезвычайно слабо; благоприятных условий здесь для этого нет: очень низкая концентрация в каждый данный момент как коллоидальнорастворенных соединений, так и электролитов; материал для новообразования этой части успевает, нескоагулировавшись, просочиться на некоторую глубину, где, встретив более подходящие условия (например более богатые основаниями, неоподзоленные горизонты, электролиты, поднявшиеся снизу с грунтовыми водами и т. п.), дает уже соответствующие новообразования.

Мы видели выше, что под влиянием воздействия воды на солонцеватые почвы также получаются почвы с сильно разрушенным и ненасыщенным поглощающим комплексом; но этот процесс („осолодение“)

[1]) Подробнее об этом см. мою статью „Почвы, ненасыщенные основаниями“. . . Ж. Оп. Агр. Т. XXII, стр. 1 и „Подвижность почвенных соединений. . . “ 1926 г.

существенно отличается от процесса оподзаливания. Прежде всего здесь и там иной исходный материал: осолодение происходит при поглощающем комплексе, содержащем поглощенный натрий, оподзаливание — при содержании только поглощенных кальция и магния [1]); затем, при одном и том же количестве просачивающейся через почву воды скорость процесса в том и другом случае далеко не одинакова: осолодение происходит тогда гораздо быстрее, нежели оподзаливание; а при различных условиях увлажнения значительное осолодение может происходить уже в условиях настолько засушливого климата, когда об оподзаливании не может быть еще и речи; процесс осолодения, будучи генетически связан с солонцеватостью почвы, есть процесс засушливых областей, процесс же оподзаливания, обусловливаемый значительно большей степенью увлажнения почвы, есть процесс влажных областей. Наконец, и судьба продуктов распада алюмосиликатного ядра поглощающего комплекса в обоих этих случаях неодинакова; при осолодении получающаяся кремнекислота, если не целиком, то в значительной своей части остается на месте своего освобождения или вблизи лежащих слоях; солонцы по мере их осолодения, постепенно обогащаются аморфной кремнекислотой; при процессе же оподзаливания накопления аморфной кремнекислоты не удается констатировать [2]). О сказанном я сужу по результатам определения кремнекислоты и глинозема, извлекаемых из почвы при обработке их 5% КОН на кипящей водяной бане. Этим способом мною за последние годы исследовано очень много самых разнообразных почв, и вот в почвах подзолистых ни в одном случае нами не обнаружено значительных количеств кремнекислоты, растворяющейся в этом реактиве; анализы производились послойные; максимальная цифра полученная нами — 1,5% кремнекислоты, при чем очень часто в том или другом горизонте или горизонтах для алюминия получаются цифры, заметно превосходящие количество извлекаемой кремнекислоты. Для иллюстрации приведу данные (стр. 91), получен-

[1]) Должен оговориться: оподзоленные почвы могут в своем поглощающем комплексе содержать и щелочные катионы, а именно натрий и аммоний. Относительно натрия надо иметь в виду возможность в подзолистых почвах по крайней мере временного увлажнения грунтовыми водами; тогда в местностях, не особенно удаленных от моря в почву может заноситься хлористый натр; хлора нам, например, в почвах Ямбургского у. приходилось находить до 0,06%; почвы окрестностей Ленинграда в нижних горизонтах почти всегда содержат некоторые количества хлора. По совершенно другим причинам, именно подзолистые почвы, как ненасыщенные основаниями, в своих верхних горизонтах часто содержат заметные количества поглощенного аммония. Ненасыщенность гумусового горизонта этих почв создает очень благоприятные условия для поглощения почвою того аммиака, который здесь образуется в процессе аммонизации; поглощенный аммоний может играть заметную роль в числе поглощенных оснований этого горизонта подзолистых почв. См. подробнее об этом в моей статье „Краткий обзор общих результатов исследований Кафедры Почвоведения Лесного Института“... Изв. Ленинград. Лесного Института. Вып. 2[?].

[2]) См. об этом подробнее в моей статье „Почвы, ненасыщенные основаниями“... Ж. Оп. Агр. Т. 22, стр. 18 и „Осолодение почв“ 1926 г.

ные мною для одного образца торфянисто-подзолистой почвы Ленинградского у. Не буду утверждать, что процесс подзолообразования идет с накоплением свободного глинозема, для этого у меня нет достаточных данных; скорее здесь мы имеем его в виде сложных комплексов

*5%-ый едкий калий извлекает (в %% от веса почвы):*

| Горизонты. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $2SiO_2Al_2O_3$ | Остается избыток: | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| Гор. 15— 12 стм. | 1,050 | 2,720 | 1,938 | — | 1,882 |
| „ 40— 45 „ | 0,940 | 1,092 | 1,735 | — | 0,297 |
| „ 60— 65 „ | 0,690 | 0,610 | 1,274 | — | 0,024 |
| „ 80— 85 „ | 0,650 | 0,550 | 1,200 | 0,062 | — |
| „ 100—105 „ | 0,540 | 0,270 | 0,589 | 0,221 | — |

с органическими веществами. Не то получается, как я указывал уже, для солодей; там всегда кремнекислоты из верхних горизонтов щелочь извлекает сравнительно много, а иногда и очень много, а глинозема, наоборот, сравнительно очень мало; книзу почвенного разреза количество кремнекислоты сильно падает, а количество глинозема несколько повышается. Вот, напр., данные анализа Е. Н. Ивановой для солоди Курганского уезда:

*5%-ый едкий калий извлекает (в %% от веса почвы):*

| Горизонты. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $2SiO_2Al_2O_3$ | Остается избыток: | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| Гор. 0— 5 стм. | 12,790 | 0,092 | 0,185 | 12,697 | — |
| „ 6— 11 „ | 5,312 | 0,244 | 0,532 | 5,024 | — |
| „ 16— 21 „ | 1,326 | 0,792 | 1,728 | 0,390 | — |
| „ 40— 45 „ | 1,138 | 0,638 | 1,392 | 0,384 | — |
| „ 95—100 „ | 1,362 | 0,188 | 0,410 | 1,140 | — |

Количество кремнекислоты часто настолько превышает количество глинозема, что определенно можно говорить о накопле-

нии здесь аморфной кремнекислоты [1]). Каковы же причины такого различия?

Одна из этих причин, и притом несомненная, заключается в различии концентрации коллоидально растворенных продуктов распада алюмосиликатного ядра при осолодении и при оподзаливании: в первом случае она значительно выше, чем во втором, так как при осолодении распад ядра идет во много раз энергичнее; во втором же случае в каждый момент она очень ничтожна и близка к той предельной, ниже которой осаждения уже не происходит. Затем, и концентрация свертывателей при осолодении, особенно при первых его стадиях, могущих протекать еще при некотором засолении почвы, значительно выше, нежели в оподзаливающихся почвах. Наконец, это уже область предположений, очень вероятных, по моему мнению, но непосредственно недоказуемых, в судьбе продуктов распада в том и другом процессе принимает участие и реакция среды. Реакция почвенного раствора в солонцеватых почвах и осолоденных почвах (до известного предела) будет щелочная, обусловливаемая едким натром (этот едкий натр, продукт вытеснения поглощенного натра водородным ионом воды, может целиком перейти в двууглесоль только при очень больших количествах углекислоты); существенно иное мы имеем

---

[1]) В виду поступающих ко мне запросов, помещаю здесь описание моего метода определения аморфной кремнекислоты в первоначальной почве.

**Определение арморфной кремнекислоты в почве.**

5 гр. почвы, просеянной через 1 мм. сито, помещают в стакан или эрленмееровскую колбу (200—250 к. стм. емкости); желательно то и другое из иенского стекла; приливают 100 к. стм. 5% раствора едкаго кали и помещают на водяную баню, которую доводят до сильного кипения (или прямо уже на кипящую баню). После того, как содержимое стакана нагреется до максимально возможной температуры, держат стакан на сильно кипящей бане еще полчаса; во время стояния стакана на водяной бане содержимое его перемешивается через каждые 10 мин. Стакан или колба должны быть закрыты, первый—часовым стеклом, второй—воронкой.

По прошествии указанного времени приступают к фильтрации (фильтр в 9 стм, с белой обмоткой или из бумаги № 597): взбалтывают содержимое стакана и приливают на воронку, заткнув конец трубки пальцем, а затем под воронку подставляют стакан со щелочной вытяжкой; после того, как фильтрующаяся жидкость станет совершенно прозрачной (без следов мути), продолжают фильтровать в другой, чистый стакан. Во время фильтрации стакан (или колба) с щелочной вытяжкой все время держится на очень слабо кипящей бане.

Когда вся жидкость из стакана отфильтрована, фильтрат переносят в фарфоровую чашку (14 стм. в диаметр), подставляют тот же стакан опять под воронку и промывают почву 10—12 раз кипящим 0,5% раствором едкого кали. Промывные воды сливают в ту же чашку; подкисляют содержимое чашки до сильно кислой реакции соляной кислотой (20 к. стм. HCl, 1,19) и выпаривают досуха на кипящей водяной бане. Если вытяжка едким кали получалась темной, то к жидкости в чашке кроме соляной кислоты прибавляют еще 10 к. стм. крепкой азотной кислоты для разрушения органических веществ.

Просушив сухой остаток при 150° в течение одного часа, определяют в нем $SiO_2$, а в полученном от нее фильтрате—полуторные окислы ацетатным методом.

при действии воды, на поглощающий комплекс почвы, насыщенный кальцием и магнием и не содержащий вовсе поглощенного натрия, т.-е. при деградации несолонцеватых черноземов и при подзолообразовательном процессе вообще. При избытке углекислоты (или других слабых органических кислот) реакция почвенного раствора здесь будет кислая, хотя почвенный раствор всегда содержит некоторое количество карбоната кальция, как продукта, получающегося при вытеснении из почвы водородом воды поглощенного кальция; если даже при недостатке указанных кислот в почвенном растворе будет существовать свободный гидроксильный ион, то ему здесь будет соответствовать катион кальция, а не натрия. Так как действие гидроксильного иона на коллоидально распыленные вещества, с одной стороны, противоположно действию катионов; а с другой стороны, значительно сильнее действия катиона натрия, но слабее действия катиона кальция, то в общем результате действие гидроксильного иона может сказываться лишь в солонцеватых почвах и в процессах их деградации; в подзолообразовательных же процессах действие его не может проявиться. Далее, коллоидальные растворы кремнекислоты, с одной стороны, и глинозема и окиси железа, с другой стороны, относятся к гидроксильному иону противоположно: для гидроокисей железа и алюминия он, в ничтожных концентрациях, является стабилизатором; поэтому в условиях поглощающего комплекса с поглощенным натрием создаются особенно благоприятные условия для выноса полуторных окислов и накопления аморфной кремнекислоты. В почвах же с поглощающим комплексом, не содержащим натрия, при почвообразовательном процессе ведущем к ненасыщенности основаниями, такого благоприятного условия для накопления аморфной кремнекислоты не имеется; а для коллоидальных гидроокисей железа и алюминия имеется, наоборот, благоприятные условие для выпадения—слабокислая реакция, но для этих соединений явление здесь сложнее, так как здесь концентрация продуктов распада ненасыщенного комплекса, как мы указывали выше, сравнительно мала, что благоприятствует их вымыванию (всякий инстабилизирующий фактор может производить свое действие лишь при концентрации коллоидальных растворов выше некоторой величины); но во всяком случае, коллоидальные гидроокиси алюминия и железа в подзолистых почвах имеют тенденцию к выпадению уже в месте своего образования; проявлению этой тенденции здесь мешает еще одно обстоятельство—большое количество просачивающейся воды при легко обратимом состоянии выпадающих гидроокисей. Присутствие означенной тенденции к выпадению уже в элювиальном горизонте подтверждается для алюминия данными щелочной вытяжки (большие количества извлекаемого глинозема по сравнению с кремнекислотой), а для железа—водными вытяжками, в которых количество железа часто больше, чем в водных вытяжках из соответствующих горизонтов других почв (например, черноземов).

Для объяснения накопления аморфной кремнекислоты в осолодевающих солонцах очень интересным является исследование H. Freundlich и H. Cohn'a над свойствами щелочных золей кремнекислоты [1]). Авторы указывают, что свойства кремнекислоты, несмотря на то, что она является классическим примером гидрофильного золя, до настоящего времени еще недостаточно выяснены. Со своей стороны отмечу, что с другими двумя основными коллоидальными веществами почвы, гидратом окиси железа и алюминия положение во всяком случае не лучше; такое положение дела является существенным препятствием выяснению почвенных коллоидальных процессов.

Поводом к излагаемому здесь исследованию Freundlich'a и Cohn'a послужила работа Flemming'a [2]), показывающая, что прибавление к золю кремнекислоты небольшого количества щелочи сильно повышает способность этого золя к коагуляции. Авторы подробно исследовали это явление, причем работали с тщательно продиализированным золем кремнекислоты. Изучалось влияние щелочи (LiOH, NaOH, KOH, $NH_4OH$) на величину электролитического порога осаждающего золь электролита. Во всех случаях картина получалась однородная: с увеличением количества прибавляемой щелочи (все равно какой) величина электролитического порога сначала понижается, а затем повышается; с дальнейшим еще повышением количества прибавляемой щелочи кремнекислота перестает осаждаться электролитами; т.-е. с увеличением количества прибавляемой щелочи чувствительность золя кремнекислоты к осаждающему действию электролитов сначала повышается, достигает максимума, а затем падает. Вот, напр., данные для электролитического порога NaCl при разном содержании едкого калия в золе $SiO_2$:

| Конц. KOH, норм. | Электролитический порог для NaCl в миллимолях на литр |
|---|---|
| 0,0000 | 4000 |
| 0,00451 | 3800 |
| 0,00902 | 2300 |
| 0,01805 | 1200 |
| 0,02708 | 900 |
| 0,03610 | 1000 |
| 0,05420 | 1200 |
| 0,07220 | 1225 |
| 0,09020 | нет коагуляции |
| 0,12630 | |
| 0 18050 | |

[1]) *H. Freundlich und H. Cohn*, Ueber die Eigenschaften alkalischer Kieselsäuresole. Koll.-Zeitschr. Bd. XXXIX, 1926, стр. 28—35.

[2]) *W. Flemming*. Zeitschr. f. phys. Chem. Bd. 41, 1902, стр, 446.

Наблюдающееся явление понижения чувствительности золя кремнекислоты, начиная с некоторой концентрации щелочи (в тб. при конц. KOH выше 0,02708 норм.) авторы объясняют образованием в растворе из золя $SiO_2$ и щелочи калийного силиката. Наблюдение над явлением Тиндаля в щелочных золях кремнекислоты показывает, что с увеличением щелочности это явление все слабее и слабее проявляется и, наконец, при той щелочности, при которой не наблюдается уже коагуляции, явление это совершенно исчезает, т.-е. мы имеем истинный раствор силиката калия; на то же указывает измерение pH, проводимости и опыты с диализированием.

Сложнее вопрос о причинах первоначального повышения чувствительности золя с повышением щелочности; казалось, должно было быть наоборот: повышение щелочности повышает отрицательный заряд золя кремнекислоты, а значит повышает его устойчивость и понижает чувствительность к осаждающему действию электролитов. В своем объяснении указанного явления авторы исходят из новых воззрений на причины устойчивости гидрофильных золей, развитых в последнее время Kruyt'ом [1]) и Freundlich'ом с Scholz'ем [2]).

По новым воззрениям устойчивость гидрофильных золей зависит не только от заряда частичек, но и от степени их гидратации. Оба эти фактора защищают золь от свертывания и для того, чтобы произошла коагуляция, оба они должны достигнуть известного минимума; если же соответствующего минимума достигнет только один из них (заряд или степень гидратации), то свертывания все таки не будет. Прямых вполне доказательных способов определения содержания воды в мицелях золя $SiO_2$, не имеется, но авторы рядом косвенных наблюдений (измерением вязкости, защитным действием других гидрофильных коллоидов на сенсибилизированный золь $SiO_2$, видом и состоянием хлопьев, образующихся при коагуляции золей кремнекислоты с различным содержанием щелочи) доказывают, что прибавление щелочи к золям кремнекислоты вызывает дегидратацию, т.-е. переход гидрофильного коллоида в гидрофобный, более чувствительный к осаждающему действию электролитов.

Мы подробно остановились на работе Freundlich'a и Cohn'a, так как считаем, что всякое исследование свойств золей и гелей $SiO_2$, $Al_2O_3$, и $Fe_2O_3$ должно представлять большой интерес для познания коллоидальных свойств почвы и что то свойство золя $SiO_2$, которое изучалось в данной работе, должно играть существенную роль в процессах почвообразования; оно, очевидно, может быть причиной (или одной из причин) накопления аморфной $SiO_2$ в деградирующих солонцах; во всяком случае, если иметь ввиду это свойство, то легче

[1]) *H. B. Kruyt*, Die Stabilitätsverhältnisse bei lyophilen Kolloiden, Koll.-Zeitschr. Bd. XXXI, 1922, стр, 338—341. Zeitschr. f. phys. Chem. Bd. 100, 1922, стр. 250.

[2]) *H. Freundlich und P. Scholz*, Ueber hydrophobe und hydrophile Sole des Schwefels. Kolloidchem. Beihefte, Bd. XVI, —1922, стр. 234—266.

себе объяснить существенную разницу в процессах осолодения и оподзаливания. Реакция среды, в которой идет процесс осолодения, всегда щелочная, реакция среды в почвах оподзаливающихся—слабо кислая; золи кремнекислоты в первом случае будут обладать большей чувствительностью к осаждающему действию электролитов, нежели во втором; значит, если бы даже все прочие условия при этих двух почвообразовательных процессах в отношении коллоидально растворенной кремнекислоты были одинаковы, то все таки, именно, при осолодении золи $SiO_2$ должны обладать меньшей устойчивостью; остальные же условия также неодинаковы и складываются в том же направлении понижения устойчивости (более высокая концентрация электролитов и более высокая концентрация самого золя кремнекислоты в осолодевающих почвах, нежели в оподзаливающихся).

Ненасыщенность основаниями поглощающего комплекса подзолистых почв не может быть одинаковой в различных их генетических горизонтах; она должна была бы быть наибольшей в элювиальном горизонте и малой, а иногда и совершенно отсутствовать в горизонтах иллювиальных, подвергающихся воздействию растворов, содержащих основания, вымываемые из верхних горизонтов. Но в горизонтах элювиальных картина осложняется, во-первых, легкой разрушаемостью ненасыщенного комплекса: вследствие этого особенно в элювиальном подгоризонте ($A_2$) в зависимости от стадии подзолообразования поглощающий комплекс в той или другой степени разрушен, именно та часть его, из которой вынесены уже основания; из этой ненасыщенной части в каждый момент в почве остается лишь небольшое количество; так что поглощающий комплекс гор. $A_2$ характеризуется при низких стадиях оподзаливания сравнительно слабым разрушением и малой ненасыщенностью; с усилением стадии подзолообразования величина комплекса будет соответственно понижаться, а ненасыщенность будет оставаться также малой величиною. Во-вторых, в гумусовом подгоризонте наряду с разрушением поглощающего комплекса идет энергичное новообразование гуматной части, а потому здесь, именно, вместе с относительно большой величиной поглощающего комплекса обнаруживается и наибольшее в почвенном разрезе содержание поглощенного водорода. В иллювиальных горизонтах появление более или менее большей насыщенности и вместе с тем разрушение поглощающего комплекса возможно лишь с того момента, когда из верхних горизонтов будет вынесена большая часть поглощенных оснований; до этой стадии поглощающий комплекс этого горизонта, не только почти не разрушаясь, но даже новообразуясь, благодаря взаимному осаждению здесь коллоидально растворенных веществ из верхнего горизонта, достигает в почвенном разрезе оподзоленных почв наибольшей величины.

Для иллюстрации состава поглощенных катионов в поглощающем комплексе подзолистых почв приведу здесь данные для торфянисто-

подзолистой почвы из работ Е. Н. Ивановой, произведенных в нашей Лаборатории (тб. XX) и мои данные для пахотного горизонта подзолистой почвы Смоленской губ. (тб. XXI).

Таблица XX.

*Состав поглощенных катионов в торфянисто-подзолистой почве (анализ Е. Н. Ивановой).*

| Горизонты | | % содержания в почве поглощенных катионов | | | Содержание в почве поглощенных катионов в мил.-экв. | | | Емкость поглощения в мил.-экв. | Процентный состав поглощенных катионов (м.-экв.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Стм. | H | Ca | Mg | H | Ca | Mg | | H | Ca | Mg |
| $A_1$ | 0 — 5 | 0,0385 | — | — | 38,5 | — | — | — | — | — | — |
| $A_2$ | 10 — 15 | 0,0095 | 0,033 | 0,0106 | 9,5 | 1,7 | 0,9 | 12,1 | 78,5 | 13,9 | 7,5 |
| $A_2$ | 15 — 20 | 0,0032 | 0,019 | 0,0045 | 3,2 | 1,0 | 0,4 | 4.6 | 70,8 | 20,8 | 8,4 |
| „ | 20 — 25 | 0,0007 | 0,014 | 0,0043 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 1,8 | 39,4 | 40,5 | 20.1 |
| B | 30 — 35 | 0,0003 | 0,042 | 0,0222 | 0,3 | 2,1 | 1,9 | 4,3 | 6.2 | 50,1 | 43,7 |
| „ | 50 — 55 | 0,0004 | 0,118 | 0,0669 | 0,4 | 5,9 | 5,6 | 11.9 | 3,6 | 49.5 | 46,9 |
| „ | 100—105 | 0,0005 | 0,135 | 0,0610 | 0,5 | 6,8 | 5,1 | 12,4 | 3,9 | 54,6 | 41,5 |

Таблица XXI.

*Состав поглощенных катионов в пахотном слое суглинистой подзолистой почвы Смоленской губ.* [1]*), по автору.*

| Горизонт стм. | % содержание в почве поглощенных катионов | | | | Содержание в почве поглощенных катионов в мил.—эквив. | | | | Емкость поглощения в мил.—экв. | Процентный состав поглощенных катионов (мил.—экв.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ca | Mg | K | Na | Ca | Mg | K | Na | | Ca | Mg | K | Na |
| 0—20 | 0,10 | 0,010 | 0,015 | 0 | 5,0 | 0,83 | 0,38 | 0 | 6,21 | 80,5 | 13,4 | 6,1 | 0 |

Интенсивность процесса перевода насыщенного комплекса в состояние ненасыщенности и связанная с этим интенсивность распада и уничтожения таким образом этого комплекса (т.-е. процесса именуе-

[1]) Почва ненасыщенная основаниями; содержание поглощенного водорода очень ничтожное и потому не принято тут во внимание. Данные показывают, что поглощающий комплекс очень сильно разрушен.

мого в условиях зоны среднего увлажнения подзолообразовательным) находится в непосредственной зависимости от количества воды, просачивающейся через почву, и от содержания в ней углекислоты, т.-е. от соотношения между количеством выпадающих осадков и температурой, от характера растительности, скорости разложения органических остатков и от свойств материнской породы (а в условиях не плакорных, конечно, и от рельефа). Поэтому при продвижении на север от полосы выщелоченного чернозема интенсивность этого процесса в общем сначала будет все возрастать и достигнет максимума там, где означенные выше факторы комбинируются таким образом, что создают оптимальные условия для означенной деятельности воды; а затем, с дальнейшим понижением температуры, с появлением избыточного увлажнения, влекущего за собой заболачивание, интенсивность процесса будет понижаться, и сам он будет постепенно затухать по мере усиления заболоченности. Какой степени может достигать разрушение алюмосиликатного комплекса в дерновоподзолистой зоне при оптимальных для этого здесь условиях, теперь еще нельзя сказать, так как для этого необходимо массовое исследование поглощающего комплекса этих почв; но во всяком случае и имеющиеся уже данные показывают, что в горизонте $A_2$ некоторых подзолов алюмосиликатный поглощающий комплекс разрушен основательно: его емкость поглощения (общая сумма поглощенных его катионов, выраженная в Са) может опускаться ниже 0,05%, тогда как в нижележащих слоях она может достигать величины около 1%.

## VI. Латеритный тип почвообразования.

Еще более благоприятные условия для образования ненасыщенности и для разрушения поглощающего ненасыщенного комплекса должны иметь место в тех климатических зонах, где благодаря высокой температуре даже значительно большее количество выпадающих атмосферных осадков не приводит еще к заболачиванию и где благодаря тем же метеорологическим условиям разложение органического вещества идет особенно быстро, вследствие чего просачивающиеся через почву воды очень богаты углекислотой, а значит и водородным ионом, вытесняющим поглощенные основания; это имеет место во влажных тропических и субтропических странах, т. е. в почвах оптимального увлажнения, в латеритах, красноземах и желтоземах означенных областей. И здесь, конечно, непосредственных данных о величине поглощающего комплекса и составе поглощенных оснований еще очень мало, но имеющиеся косвенные указания и очень немногочисленные пока исследования поглощающего комплекса вполне подтверждают сказанное. Я приведу для примера результаты послойного исследования краснозема из Чаквы (см. табл. XXII).

Данные указывают на очень малое содержание во всех слоях краснозема поглощенных оснований; больше всего их, как и нужно было ожидать, в гумусовом горизонте, поглощающий комплекс которого содержит и гуматную часть; вместе с тем исследовавшийся краснозем в довольно сильной степени ненасыщен основаниями; водородный ион в количественном отношении здесь преобладает над остальными поглощенными катионами. Приведенные в таблице данные анализа щелочной и слабосолянокислой вытяжки показывают на значительно большую растворимость глинозема сравнительно с кремнеземом как в щелочной, так и в слабо кислой среде, что дает право говорить о присутствии здесь свободных гидратов окиси алюминия.

Совершенно подобные же соотношения показал имевшийся в нашем распоряжении краснозем из Азургет.

Исследование желтозема с острова Явы показало нам, что и эта почва во всех ее исследованных слоях (до глубины 1 м.) ненасыщена основаниями, но в очень слабой степени. Ее поглощающий комплекс достигает, как видно из тб. XXIII, заметной величины лишь в самом верхнем слое (0—10), очень богатом органическими веществами; в нижележащих слоях он уже сильно разрушен.

Таблица XXII.

*Состав поглощенных катионов краснозема из бывш. Чаквинского удельного имения* [1])

| Горизонты | Глубина в см. | % содержание в почве поглощенных катионов | | | Содержание в почве поглощенных катионов в милл.-экв. | | | Емкость поглощения в милл.-экв. | Процентный состав поглощенных катионов в милл.-экв. | | | Извлекаемые 0,05 н HCl | | Извлекаемые 5% KOH | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | H | Ca | Mg | H | Ca | Mg | | H | Ca | Mg | SiO | Полутор. окислы | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| A+A$_1$ . . . | 0—14 | 0,0114 | 0,040 | 0 050 | 11,4 | 2,0 | 4,2 | 17,6 | 65 | 11,4 | 23,6 | 0,064 | 1,020 | 1,01 | 2,26 |
| B . . . . . | 14—45 | 0,0085 | 0,018 | 0,013 | 8,5 | 0,9 | 1,1 | 10,5 | 81 | 8,6 | 10,4 | 0,060 | 1,154 | 1,24 | 3,14 |
| C . . . . . | 40—80 | 0,0093 | 0,016 | 0,031 | 9,3 | 0,8 | 2,6 | 12,7 | 74 | 6,3 | 19,7 | 0,074 | 0,704 | 0,79 | 2,12 |
| D$_1$ . . . . | 95—135 | 0,0096 | 0,012 | 0,027 | 9,6 | 0,6 | 2,3 | 12,5 | 77 | 5,0 | 18,0 | 0,116 | 0,604 | 0,92 | 2,17 |
| D$_2$ . . . . | 135—175 | 0,0082 | 0,010 | 0,026 | 8,2 | 0,5 | 2,2 | 10,9 | 75 | 5,0 | 20,0 | 0,120 | 0,660 | 1,17 | 2,27 |

[1]) Определение поглощенных катионов принадлежит автору, а $SiO_2$ и $Al_2O_3$ в щелочной вытяжке А. А. Роде.

Таблица XXIII

*Состав поглощенных катионов в желтоземе с острова Явы (анализ автора).*

| | Процентное содержание в почве поглощенных катионов | | Содержание в почве поглощенных катионов в милл.—экв. | | Емкость поглощения в милл.—экв. | Процентный состав поглощенных катионов в милл.—экв. | | Извлекаемые 0,05 н. HCl: | | Извлекаемые 5% KOH: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ca | Mg | Ca | Mg | | Ca | Mg | $SiO_2$ | Полуторн. окисны | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| 0—10 | 0,731 | 0,139 | 36,5 | 11,6 | 48,1 | 75,8 | 24,2 | 0.17 | 1,10 | 2,18 | 1,14 |
| 30—35 | 0,100 | 0,026 | 5,0 | 2,2 | 7,2 | 69,4 | 30,6 | 0,32 | 1,26 | 1,25 | 4,75 |
| 45—50 | 0,051 | 0,026 | 2,5 | 2,2 | 4,7 | 53,2 | 46,8 | 0,38 | 1,24 | 1,13 | 5,70 |
| 65—70 | 0,050 | 0,016 | 2,5 | 1,3 | 3,8 | 65,8 | 34,2 | 0,41 | 1,25 | 1,24 | 5,27 |

И общие соображения и приведенные выше данные заставляют сблизить между собою почвы подзолистые и субтропические и тропические, как образующиеся, вследствие достаточного увлажнения, в условиях, дающих возможность вступлению в поглощающий комплекс почвы водородного иона; различие между ними, во-первых, в интенсивности этого процесса и связанной с ним степени разложения алюмосиликатной части комплекса; во-вторых, в величине органической части поглощающего комплекса; в-третьих, в том, что благодаря отсутствию заболачивания и застоя воды вообще и большего ее количества, а также быстроте разложения органических остатков, процесс образования ненасыщенности и распада алюмосиликатной части поглощающего комплекса, резко проявляющийся в почвах подзолистых лишь в самых поверхностных слоях, в почвах латеритного характера распространяется гораздо дальше вглубь. В четвертых не вполне одинакова здесь и там судьба продуктов распада алюмосиликатного комплекса; кремнекислота в обоих случаях вымывается; что же касается глинозема и железа, то, как мы видели выше, в подзолистых почвах имеется лишь тенденция к выпадению их, осуществляемая в отношении глинозема в очень слабой степени, для окиси железа в большей степени, но лишь в горизонте иллювиальном; в красноземах же и латеритах то и другое в больших количествах осаждается уже в местах их освобождения из алюмосиликатного комплекса; здесь также, как и в подзолистых почвах, слабо кислая реакция почвенного раствора вызывает малую устойчивость коллоидальнорастворенных гидроокисей алюминия и железа, но здесь, кроме того, имеются на-лицо факторы, сверты-вающие эти золи и переводящие выпавшие гели в трудно обратимое состояние. Из первых наиболее существенную роль играют катионы

кальция и магния почвенного раствора; концентрация их в почвенном растворе почв оптимального увлажнения, пока в этих почвах поглощенные кальций и магний сохранялись еще в поглощающем комплексе, должна была быть значительно выше, чем в подзолистых почвах, так как вытесняющая деятельность водородного иона в первых значительно выше, чем во вторых; в том же направлении влияет в красноземах и латеритах быстрая минерализация громадных количеств органических остатков. Выпавшие, вследствие коагулирующего действия электролитов полуторные окислы, подвергаются действию высокой температуры и переводятся поэтому в такое состояние, при котором они не могут уже при действии на них воды давать системы достаточно высокой степени дисперсности для того, чтобы свободно фильтроваться через почву в нижние слои.

Наконец существенное различие, но также лишь количественного, а не качественного характера, между этими двумя типами почвообразования заключается в той быстроте, с которой неколлоидальная алюмосиликатная часть почвы, под влиянием воздействия внешних факторов, распыляется в коллоидальный поглощающий комплекс; в почвах латеритного типа почвообразования процесс этот должен итти гораздо быстрее, нежели в почвах подзолистой зоны.

## Заключение.

Все выше изложенное можно кратко резюмировать в следующей схеме с главнейшими свойствами поглощающего комплекса в каждом типе почвообразования.

**I. Почвы, не содержащие в поглощающем комплексе поглощенного водородного иона (почвы, насыщенные основаниями).**

1) Почвы, содержащие в поглощающем комплексе поглощенный кальций, а на втором месте — поглощенный магний. Поглощающий почвенный комплекс представляет аггрегаты первичных коллоидальных частиц, размеры этих аггрегатов вообще больше 0,1 микрона; аггрегаты эти настолько прочны, что чрезвычайно слабо распыляются при действии воды; чрезвычайно слабо выражено также и растворяющее и химически разлагающее действие воды; поглощающий комплекс, по сравнению с комплексами с иными поглощенными катионами обладает особой прочностью. Гуматная часть комплекса относительно велика. Черноземный тип почвообразования.

2) Почвы, содержащие в поглощающем комплексе кроме кальция и магния поглощенный натрий. В почвах с таким поглощающим комплексом можно различать три последовательные стадии эволюции:

а) 1-ая стадия; почвы, засоленные растворимыми натриевыми солями. Свойства поглощающего комплекса, придаваемые ему присутствием поглощенного натрия, не проявляются. Солончаки и солончаковые почвы.

в) 2-ая стадия; почвы, содержащие растворимые соли лишь в таких небольших количествах, при которых полностью может проявиться присутствие натрия в поглощающем комплексе. Поглощающий комплекс по своему отношению к воде представляет прямую противоположность поглощающему комплексу черноземного типа: и распыляющее, и растворяющее, и химически разлагающее действие воды проявляется здесь очень сильно, значительно сильнее, чем на какой либо другой поглощающий комплекс. Солонцы, солонцеватые почвы.

Между 1-ой и 2-ой стадиями могут быть всевозможные переходы в зависимости от состояния засоления, в той или другой степени препятствующего проявлению свойств поглощающего комплекса с поглощенным натрием.

с) 3-я стадия; из поглощающего комплекса удален поглощенный натрий,—почва осолодилась; при этом можно различать два случая:

1. Солонцеватая почва не содержала углесолей щелочно-земельных металлов; тогда полное удаление поглощенного натрия сопутствуется полным удалением той части поглощающего комплекса, которая насыщена натрием; получающаяся солодь будет отличаться по величине своего поглощающего комплекса от первоначальной солонцеватой почвы в такой степени, в какой последняя была солонцеватой.

2. Солонцеватая почва содержала щелочно-земельные карбонаты; в этом случае при осолодении большая или меньшая часть поглощающего комплекса, насыщенного натрием, не разрушается, а переходит в насыщенную кальцием и магнием, и получившаяся осолодевшая почва будет по величине своего поглощающего комплекса значительно меньше отличаться от первоначальной солонцеватой, чем в случае отсутствия углесолей кальция и магния.

Между 2 и 3 стадиями также могут встречаться всевозможные переходы в зависимости от степени осолодения.

**II. Почвы, содержащие в поглощающем комплексе поглощенный водород (почвы, ненасыщенные основаниями).**

Поглощающий комплекс по своей распыленности и разрушаемости водою занимает среднее место между комплексом, содержащим только поглощенные кальций и магний, и комплексом с поглощенным натрием. В этих почвах определенно констатируется новообразование поглощающего минерального комплекса из его составных частей.

1) Почвы с резко выраженным разрушением поглощающего комплекса во всей почвенной толще, с обильным накоплением гидратов окиси железа и алюминия во всей почвенной толще и с сильным обеднением кремнекислотой. Латеритный тип почвообразования.

2) Почвы с резко выраженным разрушением поглощающего комплекса лишь в горизонтах $A_1$ и $A_2$: в горизонте $A_1$ относительно большое накопление гуматной части; накопление гидратов окиси железа имеет место главным образом в горизонте B; гидраты окиси алюминия, повидимому, также накопляются, но в очень ограниченных количествах; кремнекислота, как продукт распада алюмосиликатного поглощающего комплекса, вымывается, но соответственно с более слабым разрушением этого комплекса, происходящим при этом только в поверхностных слоях почвы, относительное обеднение почвы ею значительно меньше, чем в латеритном типе [1]). Подзолистый тип почвообразования.

Таковы в самых общих чертах основы почвенной классификации, базирующейся на свойствах поглощающего почвенного комплекса; многое из вышеизложенного имеет еще чисто спекулятивный характер, могущий не подтвердиться дальнейшими исследованиями; я вполне это сознаю и вместе с тем все-таки считаю полезным поделиться высказанными соображениями с интересующимися вопросами почвенной классификации, так как надеюсь, что эти соображения будут толчком для разработки вопроса в указанном направлении, в плодотворности которого я совершенно убежден. Я наметил лишь самые крупные классификационные единицы; и для дальнейшего их дробления поглощающий комплекс, вероятно, может дать ценные классификационные признаки: кое-что уже и сейчас можно было бы сделать в этом направлении, но это было бы слишком отрывочно и мало интересно; сейчас отмечу лишь одно обстоятельство, благодаря которому почвенная классификация, построенная на предлагаемом принципе, приобретает еще одно очень существенное преимущество перед всеми другими; я имею в виду сближение такой генетической классификации с классификацией по механическому составу: почвенный поглощающий комплекс есть одна из механических фракций почвы; те свойства, которыми обладает эта ультрамеханическая фракция и которые существенны в классификационном отношении, приписываются только ей по чисто формальным причинам количественного характера; но несомненно, что эти свойства, во-первых, в самой этой фракции постепенно количественно изменяются с величиной зерна этой фракции и, во-вторых, они присущи, хотя и в гораздо меньшей степени, и более крупным, неколлоидальным фракциям. Эти соображения позволяют

[1]) Латериты отличаются от подзолистых почв содержанием валовой кремнекислоты; в латеритах ее мало, в элювиальных же горизонтах подзолистых почв она даже относительно других слоев накопляется; это объясняется тем, что в области оптимального увлажнения идет чрезвычайно быстрое распыление неколлоидальных механических фракций до коллоидальных размеров; процесс этот в подзолистой зоне выражен, конечно, во много раз слабее, и поэтому здесь, именно, происходит в горизонте вымывания относительное обогащение почвы более крупными механическими фракциями и вследствие этого уже и валовой кремнекислотой.

мне надеяться, что при достаточном изучении вопроса можно будет иметь такую классификацию, в которой генетические признаки будут тесно связаны с механическим составом почвы.

Я не коснулся вовсе почв грунтового увлажнения северных областей, так как они вообще мало изучены, а с химической стороны и особенно в отношении поглощающего комплекса и вовсе нам неизвестны.

Таким образом даже в отношении таких крупных классификационных единиц, как почвенные типы, соответствующего аналитического материала имеется еще недостаточно, а об единицах более мелких и говорить не приходится; тем более, что последние для многих типов даже морфологически изучены очень мало. Наиболее больным местом почвоведения как в отношении классификации, так и для целого ряда других вопросов, я считаю почти полную неизученность почвенных органических веществ; нарочито говорю не о гумусе, а именно об органическом веществе почвы, в виду совершенно неопределенной границы между гумусом и остальными органическими веществами почвы (имею в виду естественные почвы) и громадной роли в процессах почвообразования, именно, этой остальной части „не гумуса“. Нужно сознаться, что, несмотря на сравнительно очень большое количество работ по этому вопросу, наши познания здесь чрезвычайно слабы и отрывочны; мне кажется, что тот путь, который в свое время дал ряд положительных результатов, исчерпан уже до конца; нужно его менять. Каков этот новый путь—сказать, конечно, трудно; он может быть намечен лишь в процессе самой работы над органическими веществами почвы. Мне лично намечается сейчас путь фракционного изучения этих веществ, как наиболее плодотворный при настоящем состоянии вопроса; а именно, изучение с количественной стороны и со стороны элементарного состава, а также попытка подхода к разделению на отдельные химические соединения—различных механических фракций органического вещества почвы. Мы имеем теперь общий метод разбития как минеральных, так и органических почвенных аггрегатов на более мелкие составляющие их частички (может быть и не первичные еще, но во всяком случае значительно более мелкие, нежели первоначально существующие в почве) без какого-либо нарушения самой химической природы органического вещества. Я имею в виду насыщение почвы натрием обработкой ее хлористым натрием с последующим удалением остатков его из почвы диализом; из такой почвы вся „гуматная“ часть может быть затем выщелочена водою и изучена по фракционно. Само собой разумеется, что без количественного и качественного изучения гуматной части, например, в черноземах невозможно построение более или менее детальной классификации черноземов по их поглощающему комплексу, да и вообще и на всякой другой основе.

Указанный прием фракционного изучения органической части почвы с успехом может быть применен и для изучения минеральных соединений в почве; в этом случае более подходит насыщение почвы не натрием, а литием; тогда, повидимому, распыление почвенных аггрегатов до коллоидальных частиц более сильное, а главное—введение лития в почву не препятствует изучению состояния натрия в почве. Мне думается, что очень дробным фракционированием почвы и главным образом ее ультрамеханической части скорее, чем каким-либо другим способом, можно подойти и к разрешению вопроса о составе отдельных минеральных веществ почвы.

Предварительное насыщение почвы натрием или литием мы бы рекомендовали и при минералогическом исследовании почв; это значительно упростило бы само исследование и несомненно дало бы возможность глубже осветить минералогический состав различных механических фракций.

# Der adsorbierende Bodenkomplex und die adsorbierten Bodenkationen als Grundlage der genetischen Bodenklassifikation.

**Prof. K. K. Gedroiz.**

Resumé.

Als Grundlage für seine genetische Bodenklassifikation nimmt der Autor den adsorbierenden Bodenkomplex (Abkürzung: ads. K,), welcher den wichtigsten Teil des Bodens darstellt, der aufs engste mit dem anderen Teil der festen Phase und mit der Bodenlösung verbunden ist und zugleich in grösserem Masse, als irgend ein anderer Teil des Bodens, Hinweise auf die Vergangenheit des Bodens und in gewissem Grade auch auf seine Zukunft gibt.

Die Eigenschaften und die Grösse des Komplexes erscheinen als Funktion aller bodenbildenden Faktoren: des Muttergesteins, des Klimas, des organischen Lebens, des Reliefs, der historischen Vergangenheit etc.

Von chemischer Seite die Gesamtheit der in Wasser unlöslichen salzartigen Verbindungen (Silikat-, Alumosilikat- und Ferrisilikatverbindungen) und von physikalischen — den kolloid-zerstückelten Teil der festen Phase des B. darstellend, ist dieser Komplex zu Reaktionen gegenseitigen Austausches fähig und sowohl mit Kationen der Salze der B.-lösung, als auch mit dem H-ion des Wassers, infolge aber der Unlöslichkeit seiner selbst und der Zerfallprodukte seines Anionen-Teils (dessen „kolloidaler Löslichkeit"), sind letztere fähig an ihrem Bildungsorte im B. sich zu erhalten, oder auf bestimmter Tiefe sich anzusammeln.

Sogar in dem Falle wenn diese Produkte in das Grundwasser ausgewaschen werden, ist davon öfters eine Spur im ads. K. vorhanden. Infolge noch ungenügend ausgearbeiteter Untersuchungsmethodik des ads. K. findet der Autor es nicht für möglich zur Zeit eine erschöpfende B.-klassifikation nach dem Stand des ads. K. in dem B. zu geben und stützt sich hauptsächlich auf der Zusammensetzung adsorbierter Katione, welche auch noch nicht für alle Bodentypen erforscht ist; was nun den Anionteil, dessen Grösse, Zusammensetzung und den Gehalt in dem einen oder

anderen Horizonte an seinen Zerfallprodukten anbetrifft, so macht der Autor hierüber Schlüsse auf Grund indirekter Erwägungen [1]).

Die vorliegende zweite Auflage ist im Vergleich zur ersten bedeutend erweitert und ergänzt worden. Es wurde ein neuer Abschnitt (Kapitel 1, „Der adsorbierende Bodenkomplex") hinzugefügt, welcher über die Eigenschaften des adsorbierenden Bodenkomplexes selbst handelt; auf Grund seiner eigenen Untersuchungen und der in letzter Zeit erschienenen Arbeiten anderer Forscher (hauptsächlich amerikanischer) bespricht der Autor in erwähntem Kapitel den gegenwärtigen Stand folgender Fragen: 1) über die Entstehung des kolloidalen Bodenkomplexes, 2) über die Zusammensetzung des organischen und mineralischen Teils des Komplexes, 3) über den physikalischen Zustand des adsorbierenden Bodenkomplexes, 4) über seine Stabilität hinsichtlich der zerstörenden Wirkung des Wassers, 5) über die Adsorptionskapazität des kolloidalen Bodenkomplexes.

Das 2-te Kapitel („Die adsorbierten Bodenkationе und Typen der Bodenbildung), welches den Inhalt der ersten Auflage der vorliegenden Monographie bildete, ist durch neue analytische Daten über die Zusammensetzung der Kationе im adsorbierenden Komplexe verschiedener Bodentypen ergänzt worden.

---

[1]) Sehr viele von den hier angeführten Grundsätzen und Erwägungen sind ausführlich in einer Reihe experimenteller Arbeiten entwickelt und beschrieben worden, welche der Autor seit 1911 veröffentlicht hat; hier sind dieselben zusammengefasst und durch spätere Untersuchungen ergänzt worden. Folgende Arbeiten stehen in unmittelbarer Beziehung zu vorstehendem Aufsatze.

1. Auf welchen B. wirkt der Phosphorit. Die mit Basen gesättigten und ungesättigten B. Russ. J. f. Exp. Landw. Bd. 12, 1911, p. 539.

2. Noch über B., auf denen Phosphorit wirkt. Ebenda, p. 816.

3. Die Kolloid-Chemie in Fragen der Bodenkunde I u. II. Ebenda, Bd. 13, p. 412; Bd. 15, p. 205.

4. Pouvoir absorbant du sol et les bases zéolitiques des sols. Bd. 17, p. 527.

5. Sols salins et leur amélioration. Bd. 18, p. 138.

6. Matériaux pour la notion du pouvoir absorbant des sols. Bd. 19 p. 269. Bd. 20, p. 31.

7. Contribution à la méthode du dosage des bases zéolitiques. Bd. 19, p. 226.

8. Von Basen nicht gesättigter B..... Bd. XXII, Absch. I, p. 1.

9. Die ultramechanische Zusammensetzung des B. Bd. XXII, Absch. I, p. 27.

10. Учение о поглотительной способности почв. Петроград, 1922 г.

11. Химический анализ почвы. Петроград. 1923 г.

12. Генезис почв Носовской С-Х. Оп. Станции. Отчет Агрохимического Отдела. Вып. 36, 1924 г.

13. The hydrochloric acid method for determining in the soil the kations present in an adsorbed condition. Soil Sc. Vol. XVI, № 6, 1923.

14. Der adsorbierende Bodenkomplex. Изд. Ленингр. Лесного Инст. Вып. 23, 1924 г.

15. Action des électrolytes sur les suspensions limoneuses. Pétrograd 1915.

16. Der adsorbierende Bodenkomplex und die adsorbierten Bodenkationen.... Erste Auflage, 1925. Verlag der Landw. Versuchsstation „Nossowka".

17. Почва, как культурная среда для с.-х. растений. 1926. Verlag der Landw. Versuchsstation „Nossowka".

18. Осолодение почв. 1926, Verlag der Landw. Versuchsstation „Nossowka".

Das Schema der Bodenklassifikation des Autors hinsichtlich der Eigenschaften des adsorbierenden Bodenkomplexes ergibt folgendes Bild.

I. **Böden, welche im ads. K. kein H-ion enthalten** (Böden, welche mit Basen gesättigt sind).

1. Böden, welche im ads. K. adsorbiertes Calcium und an zweiter Stelle Magnium enthalten — Tschernosemtypus Bodenbildung. Unerlässliche Bedingung für eine solche Zusammensetzung ads. Kationen ist eine derartige Verbindung bodenbildender Faktoren, bei welcher leicht lösliche Salze (von K und Na) in den B.-horizonten nicht vorkommen und die schwer löslichen Ca- u. Mg-Karbonate erhalten bleiben.

Infolge ungleicher Grösse der Adsorptionsenergie (Verdrängung) bei verschiedenen Kationen (Ca > Mg > Na), können dann im ads. K. weder Alkalien noch H-ion (grosse Verdrängungsenergie, aber ganz unbedeutende Konzentration) enthalten sein, da letztere mit Ca und Mg bei der Konz., die für dieselben unter diesen Verhältnissen möglich ist, nicht konkurrieren können.

Dadurch, dass die Tschernosemböden von ads. Kationen nur Ca u. Mg enthalten, wird die besondere Dauerhaftigkeit des ads. K. dieser Böden in betreff der zerstäubenden (die primären kolloid. Teilchen sind in sehr dauerhafte Aggregate zusammengeklebt — deren Durchmesser > 0,1 Mikron beträgt — welche unter dem Einflusse der Bodenfeuchtigkeit nicht zerfallen und geben letztere ihrerseits eine sehr dauerhafte, körnige Struktur), auflösenden und chemisch zersetzenden Wirkung des Wassers bedingt; deshalb können sowohl die Alumosilikat-, als auch die Humatteile des ads. K. die maximalste Grösse erreichen.

Dank der ausserordentlichen Dauerhaftigkeit des Komplexes und der sehr geringen Konz. seiner Zerfallprodukte werden kompakte illuviale Horizonte hier nicht beobachtet.

Was nun den Anionteil des ads. K. dieses Typus anbetrifft, so teilt der Autor die Resultate der Bearbeitung der B. mit 5% KOH u. 0,005N HCl mit, welche einiges Interesse vom Standpunkt der Klassifikation besitzen. So entzieht z. B. aus den gegebenen Böden das Alkali etwas mehr $SiO_2$ (im Mittel ca. 0,5%), als $Al_2O_3$ (ca. 0,4%), die Säure dagegen entzieht ungefähr zweimal mehr $Al_2O_3$ (ca. 0,5%), als $SiO_2$ (ca. 0,3%).

2. Böden, welche im ads. K. ausser Ca u. Mg adsorbiertes Na enthalten.

Unerlässliche Bedingung ist hierbei ein trockenes Klima, damit im Boden eine solche Quantität leicht löslicher Salze (Na) sich ansammelt, dass ihre Kationе, ungeachtet der geringen Adsorptionsenergie (Verdrängung) des Na, im Vergleich zu Ca u. Mg, und dank der ganz unbedeutenden Lösbarkeit der Karbonate der letzteren mit ihnen um den Platz im ads. K. schon konkurrieren können. Letzterer erhält, da in ihm Na enthalten ist, einen sehr eigentümlichen Charakter. Alle besonderen Eigenschaften eines solches Komplexes werden dadurch hervorgerufen, dass die

dauerhaften Aggregate der primären Teilchen des ads. K., welcher Ca u. Mg enthält, unter dem Einfluss des Eintritts in denselben von Na, die Fähigkeit erhalten bei Einwirkung von Wasser sich zu zerstäuben: das adsorbierte Na vergrössert die Dispersion des ads. K. Der Boden wird „kolloidaler", er erhält eine starke Klebefähigkeit, dank welcher er im trockenen Zustande eine grobe und dauerhafte Struktur erwirbt; in feuchtem Zustande dagegen verliert er seine Struktur, wird zähe und viskos. Eine solche Wirkung des adsorbierten Na wird dadurch hervorgerufen, dass die Bodenlösung in diesem Falle OH-ion enthält, dessen stabilisierende Wirkung stärker, als die koagulierende Wirkung des ihm entsprechenden Na-ion ist.

Dank der erhöhten Zerstäubung zeichnet sich der Na enthaltende ads. K. durch grosse Unbeständigkeit aus; sein Humatteil zerstäubt sich derart im Wasser, dass fast molekulare Lösungen erhalten werden, wogegen der Alumosilikatteil energisch auf die ihn zusammensetzenden Oxyde zerfällt. Diese verschiedene zersetzende und auflösende Wirkung des Wassers auf den ads. K welcher Ca, Mg u. Na (oder nur Na) einerseits, und nur Ca u. Mg andererseits enthält, illustriert der Autor durch eine Reihe von Versuchen.

In Böden mit einem solchen ads. K. kann man drei aufeinanderfolgende Evolutionsstadien unterscheiden.

1-es Stadium. Böden, welche lösliche Salze enthalten. Die Eigenschaften des ads. K., welche ihm durch die Anwesenheit adsorbierten Na verleiht werden, treten infolge der koagulierenden Wirkung der Salze nicht hervor. Solontschak und solontschakartige Böden.

2-es Stadium. Böden, welche lösliche Salze nur in solch geringen Mengen enthalten, bei welchen in vollem Masse die Anwesenheit von Na im ads. K. zutage treten kann. Solonetz und solonetzartige Böden. Zwischen dem 1 und 2 Stadium können verschiedene Übergänge sein — in Abhängigkeit vom Versalzungsgrad.

3-es Stadium. Aus dem ads. K. ist das adsorbierte Na entfernt — der Boden ist in Solodj übergegangen. Hierbei kann man zwei Fälle unterscheiden.

1. Der solonetzartige Boden enthält keine Karbonate von Ca u. Mg; in diesem Falle wird die völlige Entfernung des adsorbierten Na durch völlige Entfernung jenes Teiles des ads. Komplexes, welcher mit Na gesättigt ist, begleitet; die entstandene Solodj wird durch die Grösse ihres ads. K. vom anfänglichen solonetzartigen Boden in solchem Grade sich unterscheiden, in welchem letztere solonetzartig war.

2. Der solonetzartige B. enthält Karbonate von Ca u. Mg; in diesem Falle wird bei der Solodjbildung ein grösserer oder kleinerer Teil des durch Na gesättigten ads. K. nicht zerstört, sondern geht in gesättigtes Ca u. Mg über und der entstandene Solodjboden wird nach der Grösse seines ads. K. sich viel weniger von dem anfänglichen solonetzartigen B. unterscheiden, als im Falle der Abwesenheit von Karbonaten von Ca u. Mg.

Zwischem dem 2 u. 3 Stadium können gleichfalls verschiedene Übergänge vorkommen, in Abhängigkeit vom Grade der Solodjbildung.

II. **Böden, welche im ads. Komplexe adsorbierten H enthalten** (B., welche mit Basen nicht gesättigt sind). Diese B. bilden sich in Falle erhöhter Feuchtigkeit, wenn aus den B. nicht nur die löslichen Salze, sondern auch die schwer löslichen Karbonate von Ca u. Mg entfernt sind, dank welchem Umstande die Konz. von Ca u. Mg in der Bodenlösung auf eine so minimale Grösse gefallen ist, dass das H-ion der Bodenfeuchtigkeit infolge seiner grossen Verdrängungsenergie (Adsorption) mit ihnen um den Platz im ads. K. konkurrieren kann. Letzterer nimmt infolge seiner Fähigkeit durch Wasser zerstäubt und zerstört zu werden eine mittlere Stellung zwischen dem Komplex, welcher nur adsorbiertes Ca u. Mg enthält und dem Komplex mit ads. Na ein. Der Humatteil dieses Komplexes ist mehr oder weniger löslich, der Alumosilikatteil dagegen wird durch Wasser zersetzt und zerfällt auf einzelne Oxyde.

In diesen B., welche mit Basen nicht gesättigt sind, kann mit Bestimmtheit die Neubildung des ads. mineralischen Komplexes aus seinen Bestandteilen konstatiert werden. 5% KOH und 0,05 N. HCl entziehen aus diesen Böden viel mehr $Al_2O_3$, als $SiO_2$.

1. Böden mit sehr scharf ausgedrückter Zerstörung des ads. K in dem ganzen Bodenprofil, mit reicher Anhäufung von Fe u. Al-hydrooxyden. Die saure Reaktion und ziemlich hohe Konz. der Salze von Ca u. Mg (infolge ihrer energischen Verdrängung durch H-ion und schnellen Mineralisation der organischen Überreste) koagulieren die freigewordenen Hydrooxyde von Al u. Fe, und die hohe Temperatur führt sie in nicht rückwirkenden Zustand im ganzen Bodenprofil über (an ihren Bildungsorten) und zwar mit starker Verarmung an $SiO_2$; letzterer Umstand wird hervorgerufen durch intensiven Zerfall des ads. K. und die Ausscheidung von SiO. infolge schwach saurer Reaktion und schneller Zerstäubung nicht kolloidaler mechanischer Fraktionen bis zu kolloidalen Grössen, wobei der adsorbierende Bodenteil von neuem ergänzt wird. Laterite.

2. Böden mit scharf ausgedrückter Zerstörung des ads. K, blos in den Horizonten $A_1$ u. $A_2$; im Horizont $A_1$ eine verhältnismässig grosse Anhäufung des Humatteils; die Ansammlung von Eisenhydrooxyden findet hauptsächlich im Horizonte B statt; augenscheinlich sammeln sich gleichfalls Aluminiumhydrooxyde an, jedoch in sehr beschränkten Quantitäten; SiO, als Zerfallprodukt des Alumosilikatadsorptionskomplexes, wird ausgewaschen, jedoch entsprechend der schwächeren Zerstörung dieses Komplexes (wobei dieselbe nur in der oberen Bodenschicht vor sich geht) ist die relative Verarmung[1]) des Bodens an $SiO_2$ viel kleiner als im Lateritypus. Podsoltypus Bodenbildung.

---

[1]) Die hier beobachtete relative Bereicherung des Horizontes $A_2$ der Podsolböden durch allgemeine $SiO_2$ erklärt sich durch deren relative Bereicherung an grösseren mechanischen Fraktionen.

Auf diese Weise sehen wir, dass der Autor die Podsolböden und Laterite einander näher bringt; bilden sich doch dieselben unter Verhältnissen, welche den Eintritt des H-ions in den ads. K. ermöglichen.

Einen Unterschied zwischen ihnen sieht der Autor in folgendem: 1) in der Intensität der Prozesse und der durch sie verursachten verschiedenen Zerlegungsenergie des ads. K; 2) in der Grösse des organischen Teiles; 3) der Bildungsprozess der Ungesättigtheit und des Zerfalls des ads. K. tritt in Podsolböden nur in den oberen Schichten auf, in den Lateriten verbreitet er sich viel tiefer; 4) im ungleichen Schicksal der Zerfallprodukte (s. oben über die Hydrooxyde von Al u. Fe); 5) in verschiedener Intensität der Zerstäubung nicht kolloidaler mechanischer Fraktionen in kolloidalen ads. K.

Wie schon gezeigt, geht der Zerfall des ads. K. in Böden mit adsorbiertem Na noch schneller vor sich, als in B., welche nicht mit Basen gesättigt sind, jedoch unterscheidet sich dieser Prozess der Solodjbildung sehr wesentlich vom Prozess der Podsolbildung durch folgendes: 1) im ersten Falle geht der Prozess in Anwesenheit des ads. K. vor sich, welcher Na und im zweiten — welcher nur adsorbiertes Ca u. Mg enthält; 2) bei ein und derselben Quantität durchsickernden Wassers geht die Solodjbildung viel sehneller vor sich, als der zweite Prozess; 3) die Solodjbildung, genetisch mit Solonetzböden verbunden, — ist ein Prozess trockener Gebiete; der zweite Prozess — feuchter Gebiete; 4) das Schicksal der Zerfallprodukte ist ein anderes: a) im ersten Falle sammelt sich amorphe $SiO_2$ an, im zweiten — ist sie nicht konstatiert worden; der Autor erklärt dieses einerseits durch verschiedene Konz. der Zerfallprodukte (in Zusammenhang mit der verschiedenen Energie des Zerfalles selbst und der Koagulatoren) und andererseits durch die Reaktion der Mitte; b) beim ersten Prozess bilden sich günstige Bedingungen für die Heraustreibung kolloidaler Lösungen von Hydrooxyden Al u. Fe, dank der stabilisierenden Wirkung des OH-ions, beim zweiten, umgekehrt, sind die Bedingungen für ihren Ausfall an ihrem Bildungsort dank der schwach sauren Reaktion günstig. Die sehr geringe Konz. der Zerfallprodukte und grosse Quantität durchsickernder Feuchtigkeit machen diese Erscheinung komplizierter und befördern das Ausschwemmen der Hydrooxyde in die illuvialen Horizonte der Podsolböden.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие . . . . . 3
Введение . . . . . 5

Гл. I. Почвенный поглощающий комплекс . . . . . 8

1. Происхождение почвенного коллоидального комплекса . . . . . 10
2. Состав почвенного поглощающего комплекса . . . . . 14
   а. Органическая часть поглощающего комплекса . . . . . 14
   б. Минеральная часть поглощающего комплекса . . . . . 15
3. Физическое состояние почвенного поглощающего комплекса . . . . . 47
4. Устойчивость почвенного поглощающего комплекса в отношении разрушающего действия воды . . . . . 52
5. Емкость поглощения почвенного коллоидального комплекса . . . . . 57

Гл. II. Почвенные поглощенные катионы и типы почвообразования. 62

1. Черноземный тип почвообразования . . . . . 63
2. Солонцевый тип почвообразования . . . . . 68
3. Подзолистый тип почвообразования . . . . . 87
4. Латеритный тип почвообразования . . . . . 98

Заключение . . . . . 101
Resumé . . . . . .
Der absorbierende Bodenkomplex und die adsorbierten Bodenkatione als Grundlage der genetischen Bodenklassifikation . . . . . 106

THE LIBRARY OF THE
SEP 23 1927
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Серия плакатов по травосеянию. Плакаты исполнены в 8 красок. Текст на русском и украинском языке. Составил С. П. Кулжинский. Рисов. Маковкина, А. С.

Вып. 70. Клевер.
Вып. 71. Эспарцет.
Вып. 72. Люцерна.
Вып. 73. Люпин.
Вып. 74. Селекция красного клевера. И. С. Травин.
Вып. 75. Порівнююче значіння культури бобових з учноенням і обробкю грунту. С. П. Кулжинский.

### II. По химической лаборатории.

Вып. 11. Лабораторные исследования 1916, 1917 г.г. Т. Ф. Сухенко с предисловием С. П. Кулжинского.
Вып. 28. О причинах слабого действия минеральных удобрений и навоза на почвах Носовской с.-х. опытной станции. А. И. Душечкин.
Вып. 29. К вопросу о причинах лучшего использования растениями фосфорно-кислых удобрений на полях Носов. с.-х. оп. станции. Проф. К. К. Гедройц.
Вып. 36. Отчет агрохимического отделения за 1922—1923 г. Под общей редакцией проф. К. К. Гедройц.
Вып. 38. Почвенный поглощающий комплекс. Проф. К. К. Гедройц.
Вып. 40. К вопросу о естественно-историческом районе. Носовской сел.-хоз. опытной станции.
Вып. 41. Краткий отчет за 1924 год. Ф. Н. Германов и В. Г. Тарановская.
Вып. 42. Почва как культурная среда для сел.-хоз. растений. Проф. К. К. Гедройц.
Вып. 43. Влияние кальция на подвижность почвенных соединений. Проф. К. К. Гедройц
Вып. 46. О солонцах (монография). Проф. К. К. Гедройц (печатается).
Вып. 44. Осолодение почв. Проф. К. К. Гедройц.
Вып. 45. Нитрификация. В. Г. Тарановская и Ф. Н. Германов.
Вып. 57. Почвенный поглощающий комплекс. Проф. К. К. Гедройц (2-ое дополненное изд.)

### III. По коллективным опытам.

Вып. 1. Отчет по коллективным опытам с томасшлаком, люпином и навозом под озимую рожь 1910—1911 г. Год 1-й С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 2. Отчет по коллективным опытам. Результаты внесения в 1913 г. искусственных удобрений под люпин. С. П. Кулжинский. Издание разошлось.
Вып. 3. Отчет по коллективным опытам. Люпиновое и минеральное удобрение. С. П. Кулжинский.
**О люпине.** Популярная брошюра с 10 ориг. рис. по данным коллективных опытов С. П. Кулжинский. 2-ое издание разошлось.
**Люпин на зеленое удобрение.** Плакат в красках размером в 118×33 кв. см. С 10 ориг. рис. Составил по данным коллективных опытов С. П. Кулжинский 2-е издание разошлось.

### IV. По отделу применения.

Вып. 21. Сельско-хозяйственные Союзы Молодежи Н. Д. Костецкий.
Вып. 58. Итоги пятилетней работы с с.-х. кружками молодежи. С. П. Кулжинский Л. А. Турчанинов и Б. Н. Вериго (подгот. к печати).
Вып. 60. Конюшина на полі—добробут господарствя. Туранінов (печатается).

### VI. По экономическому отделу.

Вып. 19. Хозяйство Середняка юга Черниговщины. Н. И. Костров.
Вып 22. Программа работ ближайшего времени по экономическому отделу. Н И. Костров
Вып 30. Районы Черниговщины. Н И. Костров.
Вып 34. Работа на коровах. С. П. Кулжинский.

### VI. По отделу садоводства и огородничества.

Вып 23. Огородничество в Нежинском уезде. Н. Д. Костецкий.
Вып 24. Садоводство в Нежинском уезде. Н. Д. Костецкий.

### VII. По отделу животноводства.

Вып 25 Крупная белая. Носовской с.-х. опытной станции. А. П. Редькин.
Вып 35. Улучшайте простых свиней белыми английскими и организуйте случные товарищества. Б Н Вериго
**Плакаты:** 1) Разводите свиней (На русском и украинском языке) А П Редькин
2) Улучшайте свиней (На русском и украинском языке). А П. Редькин
Вып. 59. Полесский скот и его будущее. Б. Н Вериго

3 0112 043218178

**Цена 2 р. 50 к.**

**VIII. По естественно-историческому обследованию.**

Вып. 31. Естеств.-истор. районы Черниговщины. Сост. Кондаков. Рукопись.
Вып. 32. Почвенный покров Носов. оп. поля. Ф. П. Саваренский.
Вып. 33. Почвенная карта Черниговщины. В красках в 10-верстном масштабе. Составили: Шраг, Родзиевский, Кондаков по данным почвенной экспедиции в Черниговщине Дюмо. Рукопись.

---

**НОСОВСКАЯ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ НАХОДИТСЯ В 20-ти ВЕРСТАХ ОТ ГОРОДА НЕЖИНА И ВБЛИЗИ М.М. НОСОВКИ И ВОЛОДЬКОВОЙ ДЕВИЦЫ.**

**ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ УСТРОЕНА для того, чтобы найти способы, которыми можно повысить урожай сельско-хозяйственных растений—черноземной и суглинистой полосы юга быв. Черниговской и севера Полтавской губернии.**

Почва опытной станции—легкий чернозем. Такие почвы распространены в округах Нежинском, Конотопском, Глуховском, и отчасти в Черниговском, Роменском и Прилукском.

**Опытная станция открыта для посещения всех интересующихся сельским хозяйством.**

Наиболее удобное время для осмотра станции конец мая и июнь месяц.

Посетители, проезжающие по жел. дороге, могут сходить с поезда на „Платформе 100-я верста", эта платформа находится между ст. „Носовка" и „Нежин". На платформе останавливаются почтовые и пассажирские поезда, кроме скорых и ускоренных.

**В составе Носовской с.-х. опытной станции в настоящее время—работают:**

I. Отд. Полеводства.

II. Отд. Агрохимический:
Лаборатория;
Вегетационный домик;
Полевой участок.

III Отд. Животноводства (крупные белые английские свиньи, птица местной породы, симментализированный Нежинский скот).

IV Отд. Применения:
С.-х. музей;
Питомник плодовых деревьев.
Отдел применения ведет репродукцию через т-ва семеноводства семян многолетних трав и сортовых хлебов.

Опытная станция бесплатно отвечает на вопросы по сельскому хозяйству—по полеводству, огородничеству, садоводству и животноводству.

**Адрес для писем:** М. Носовка, Нежин. округа.

**Для грузов:** ст. Носовка, М.-К.-В. ж. д.

**Телеграмм:** Носовка. Опытная станция.

---